

Revue Eau et Développement



مقتطف من خطاب صاحب الجلالة الملك محمد السادس، نصره الله، من الجمعة 14أكتوبر ،2022خطابه أمام البرلمان بمناسبة افتتاح الدورة الأولى من السنة التشريعية الثانية من الولاية التشريعية الحادية عشرة.

"أيها السيدات والسادة، قال الله تعالى: "...وجعلنا من الماء كل شيء حي." صحيح هو كلامه.

وفي الواقع، فإن الماء هو المبدأ الأول لجميع أشكال الحياة، وهو أيضًا عنصر أساسي في عملية التنمية ومورد أساسي لاستمرارية المشاريع والأنشطة الإنتاجية ككل.

وفي المغرب، أصبحت مشكلة إدارة الموارد المائية أكثر حدة حيث تمر البلاد حاليًا بأشد فترة جفاف شهدتها منذ أكثر من ثلاثة عقود.

وإزاء هذه المحنة، نتضرع إلى الرب أن ينعم على بلادنا بالأمطار النافعة.

ومن أجل معالجة هذا الوضع، اعتمدنا، منذ شهر فبراير الماضي، وفي إطار خطة مكافحة آثار الجفاف، إجراءات استباقية تهدف إلى ضمان توفر المياه الصالحة للشرب ودعم المزارعين والحفاظ على الثروة الحيوانية.

وإدراكا منا أن الجفاف ظاهرة هيكلية في بلدنا، فقد أولينا دائما أهمية كبيرة لمشكلة المياه بجميع جوانبها. »



السيد نزار بركة

وزير التجهيز والمياه

مقدمة

بسبب موقعه الجغرافي، يتميز المغرب بمناخ شديد التباين؛ البحر الأبيض المتوسط في الشمال والقاحلة في جنوب شرق الأطلس، مع نظام هطول الأمطار الذي يهيمن عليه عدم انتظام قوي في الزمان والمكان. ومع عواقب تغير المناخ، أصبح هذا المناخ أكثر عشوائية ولا يمكن التنبؤ به مع هيمنة الأحداث المتطرفة مثل الجفاف والفيضانات. تعتبر إمكانيات الموارد المائية الطبيعية بالمغرب، والتي تقدر بـ 22مليار م3 سنويا، من بين الأدنى في العالم، أي أقل من 606م/ ساكن/ سنة. ويتركز أكثر من نصف هذه الموارد في الأحواض الشمالية ونهر سبو، حيث تغطي حوالي 7%من التراب الوطني. souterraines, représentant environ 20 % du potentiel[3] total du pays, sont évaluées à 4 Milliards de m
[3] du territoire sont évaluées en année moyenne à 18 Milliards de m soit 80 % des ressources totales, et les eaux
سنويا.Les ressources en eau superficielles sur l'ensemble

[3] ,

[3]

وعلى الرغم من الإدارة الرشيدة والتخطيط الفعال للموارد المائية في المغرب، من خلال اعتماد وتنفيذ برامج وخطط عمل طموحة، منذ عام 1980، فإن السياق الحالي يتميز بموجات الجفاف المتكررة. مع اشتداد الضغط على الموارد المائية، يتم تطوير شعار جديد للعمل العام.

هذه هي الإدارة المتكاملة للموارد المائية. وهو يعزز التخطيط القطاعي من أجل تنسيق إدارة الاستخدامات المختلفة للمياه (الزراعية والصناعية والمنزلية والسياحية والنظام البيئي، وما إلى ذلك)، لضمان استدامة هذه الاستخدامات، وتقليل تضارب التوزيع في الزمان والمكان. .

ولذلك قامت الوزارة ببناء برنامج عمل متعدد السنوات حول المياه والتنمية الاجتماعية والاقتصادية للبلاد، مما يتيح الحماية من النقص والفيضانات من خلال اعتماد نهج تشاركي يشمل جميع الجهات الفاعلة التي تتعلق أنشطتها بالمياه. وهكذا تمكنت البلاد من تنفيذ سياسة طليعية في هذا المجال والحصول على بنية تحتية هيدروليكية كبيرة مكنت من دعم التنمية الاجتماعية والاقتصادية للبلاد وقبل كل شيء عبور فترات الجفاف التي شهدتها. دون أضرار كبيرة. وكانت المديرية العامة للهيدروليكا أساس هذا النجاح، وهو ما اعترف به وأكده جميع الشركاء الدوليين وأكده خبراء عالميون شاركوا في تطوير دراسة الاستراتيجية الوطنية لقطاع المياه. ويعزى هذا النجاح أيضا إلى التآزر بين الإدارة الوطنية والجامعة. لقد راكم هذا المجمع التكنولوجي خبرة كبيرة وخبرة تقنية لا مثيل لها، مما أعفى المغرب من المساعدات الخارجية وسمح له بتحقيق وفورات كبيرة في بناء البنى التحتية المائية.

وبالفعل فإن المديرية العامة للهيدروليكا هي إدارة فنية بحتة وتتطلب مهارات علمية عالية. وهي تعتمد على طاقم عمل يتكون بشكل رئيسي من مهندسين خريجين من المدارس الكبرى ومشرفين مدربين خصيصًا لمهن المياه.

كما مكّن هذا القطاع التقني من تعزيز البحث والابتكار بهدف تحسين المشاريع في عدة مجالات:

- تصميم وبناء وصيانة الهياكل الهيدروليكية.
- تخطيط الموارد المائية على المدى الطويل من خلال الخطط الرئيسية.
- استخدام النماذج الرقمية لمحاكاة وإدارة الموارد المائية.
- استخدام التقنيات المتقدمة للتنقيب عن المياه الجوفية.
- إدخال تكنولوجيات المعلومات الجديدة (نظم المعلومات الجغرافية وقواعد البيانات)؛
- المساهمة في تدريب المهندسين والفنيين في مجال المياه وكذلك تنشيطها عدة لجان علمية.
- نشر المقالات في المجلات المتخصصة.

وفي هذا السياق ومن أجل إعادة الارتباط بالممارسات الجيدة القديمة، قررت الوزارة إعادة إصدار المجلة المتخصصة بعنوان "المياه والتنمية". تهدف هذه المجلة إلى إعلام الجمهور وأصحاب المصلحة الآخرين بجميع المشاريع والبرامج المتعلقة بالمياه بدءاً من المشاريع العلمية والأبحاث إلى مشاريع البنية التحتية لتنمية المياه وإدارتها وتخطيطها. . الأهداف المنشودة من خلال نشر هذه المراجعة متعددة:

- ضمان المراقبة التكنولوجية والعلمية في مجال المياه.
- إعلام الجمهور والتواصل داخليا وخارجيا حول برامج الوزارة وأعمالها الرامية إلى تنمية الموارد المائية.
- تبادل الممارسات الجيدة والتجارب الحية والابتكارات والحلول؛
- ضمان التآزر مع الشركاء الآخرين في قطاع المياه: مكاتب التصميم والجامعات والمؤسسات العلماء ، إلخ.

في النهاية، آمل أن يجد القارئ ويكتشف، من خلال المواضيع المقترحة في هذه المراجعة، كل ما يمكن أن يرشده إلى تعميق و/أو فهم كل السياسات العامة المتعلقة بالمياه والبرامج والأبحاث والمشاريع التي يتم تنفيذها في قطاع المياه من أجل المياه. التنمية المستدامة والمتكاملة.

السيد نزار بركة

وزير التجهيز والمياه

فهرس

Situation Hydrologique



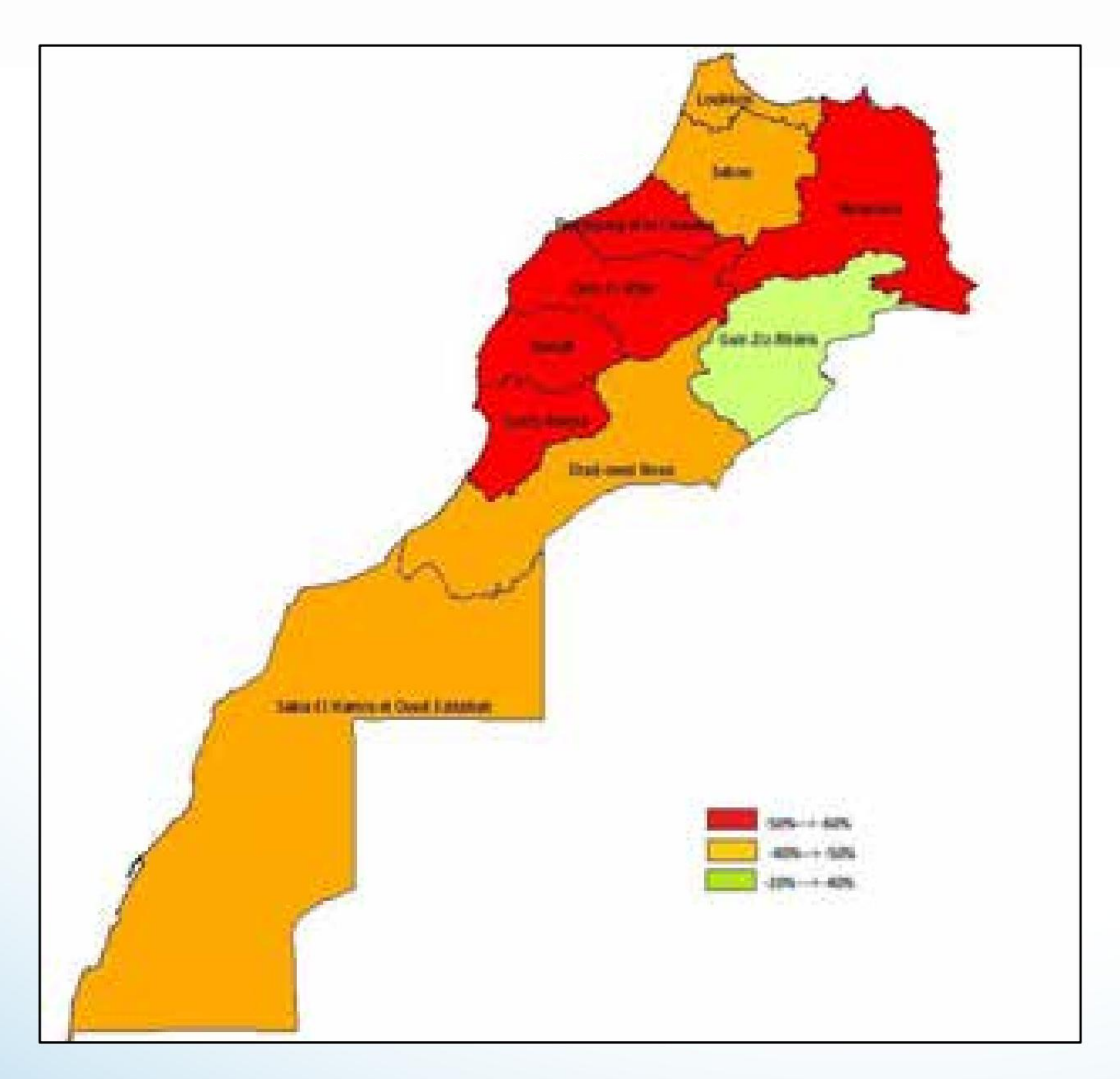
الوضع الهيدرولوجي لهذه الفترة

من 1سبتمبر 2021إلى 31أغسطس 2022:

جفاف كبير واتجاه نزولي في تدفقات المياه ومخزونها على مستوى طبقة المياه الجوفية

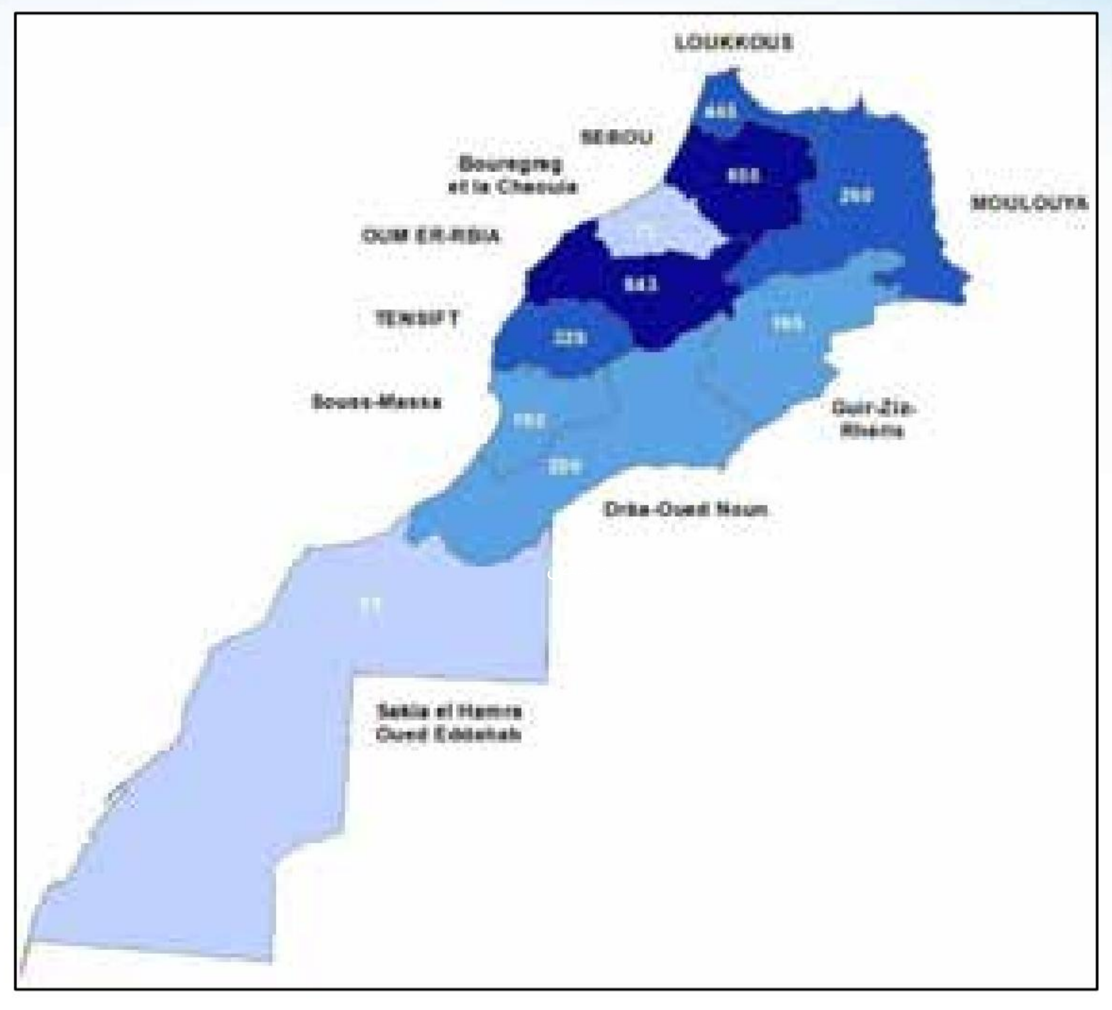
وتميزت السنة الهيدرولوجية 2021-2022 بعجز تراكمي في التساقطات المطرية مقارنة بالمعدل الطبيعي على مستوى جميع الأحواض المائية بنسب عجز تراوحت بين 20%(كير زيز ريريس) إلى 54%(سوس ماسة).

بلغ معدل هطول الأمطار التراكمي المسجل على الصعيد الوطني حوالي 91ملم. الانحراف عن الأمطار العادية الملحوظة على المستوى الوطني هو حوالي -47٪.



الشكل 1:التوزيع حسب الحوض للعجز الهطولي المسجل خلال السنة الهيدرولوجية 2021-2022 بالمقارنة مع وضعها الطبيعي

وخلال نفس الفترة، لوحظت إمدادات المياه الإجمالية وتراوحت من 51م3 إلى 843م3. ويبلغ إجمالي إمدادات المياه المسجلة على المستوى الوطني حوالي 3118م3.



الشكل :2إجمالي المدخلات المسجلة خلال السنة الهيدرولوجية 2021-2022

وتقدر التدفقات المائية المسجلة عند مداخل خزانات السدود الكبيرة، خلال العام الهيدرولوجي ،2021-2022بنحو 1.98مليار م3. وهذه المساهمات هي:

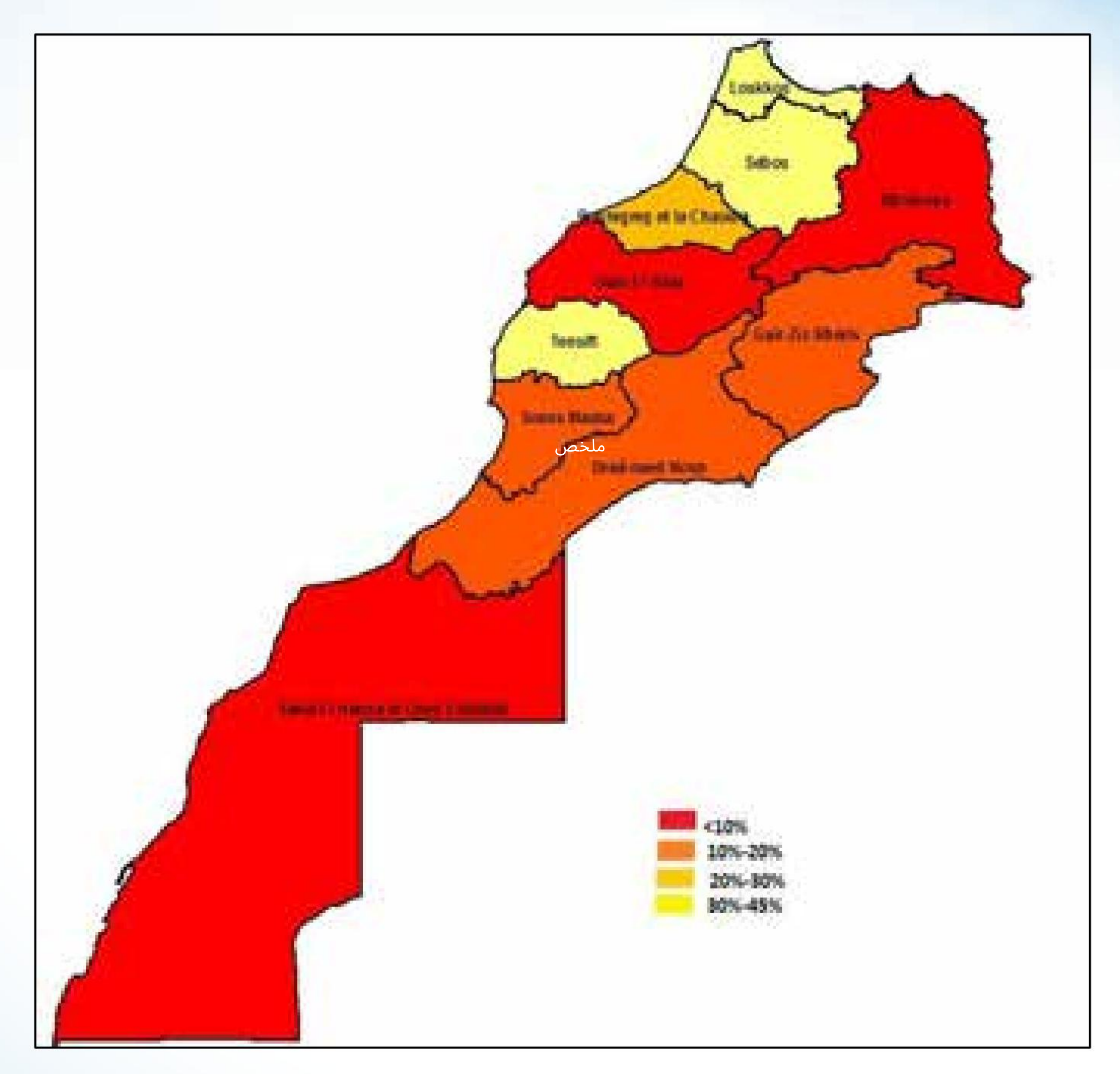
-عجز بنسبة %83مقارنة بمتوسط المساهمة السنوية؛
-عجز بنسبة %62مقارنة بإمدادات المياه المسجلة خلال السنة الهيدرولوجية .2020-2021
وعلى المستوى الوطني، يُظهر تطور هطول الأمطار التراكمي والمساهمات السنوية الإجمالية المسجلة منذ العقد الماضي اتجاهًا تنازليًا تفاقم خلال السنوات الخمس الماضية. وتعتبر كميات الأمطار التراكمية والمساهمات الإجمالية المسجلة خلال السنة الهيدرولوجية 2021-2022هي الأدنى.

واتسمت الفترة 2018-2022بتوالية سنوات الجفاف، حيث بلغ العجز المتتالي %54و17% و95% و38% مقارنة بمتوسط المساهمات السنوية.

وبمساهمة إجمالية قدرها 17.4مليار متر مكعب، أي أقل حتى من الحد الأدنى للمساهمة البالغ 17.6مليار متر مكعب المسجل خلال الفترة ،1991-1995 أصبحت الفترة 2018-2022هي الفترة الأكثر جفافا في تاريخ المساهمات بأكمله.

وتسببت حالات الجفاف المناخي والهيدرولوجي التي لوحظت خلال هذه الفترة في انخفاض كبير في التدفق الأساسي للأنهار، مما أثر على تغذية طبقات المياه الجوفية الرئيسية. في الواقع، شهدت المستويات البيزومترية انخفاضات كبيرة إلى حد ما على مستوى جميع طبقات المياه الجوفية عمليًا. وتتراوح القطرات المسجلة من 0.05إلى 7أمتار لكل حوض ولكل منسوب مياه. تم تسجيل قطرات مذهلة في أحواض سبو 5,6-)م)، ملوية 6-)م)، وسوس ماسة 7-)م). والنتيجة المباشرة لهذه الانخفاضات هي انخفاض مستويات المخزون على مستوى المياه الجوفية.

remplissage global de 25.81 % contre un taux de remplissage de 40.41 % enregistré à la même date de l
de barrages au 31 Août 2022 est évalué à prés de 4.16 Milliards de m3, correspondant à un taux de
.السنة الماضية'Le volume d'eau stockée dans les retenues



الشكل :3حالة ملء السدود الكبيرة بالمملكة حتى 31أغسطس 2022

وتقدر الإمدادات المائية المصنوعة من خزانات السدود الكبيرة خلال السنة الهيدرولوجية 2022-2021بـ 2696م3 منها 1742م3 للري و459 م3 لـ AEPIو0802 م3 للطاقة. وفيما يتعلق بالري والطاقة، فإن هذه الإمدادات هي الأدنى منذ عام 2010. أما بالنسبة لإمدادات مياه الشرب، فقد سجلت الإمدادات انخفاضًا طفيفًا بنسبة 2٪مقارنة بفترة 2021-2020، وهي الأعلى منذ عام 2010.

ونظرًا لحالة العجز، لم يتم منح أي تخصيص للتوربينات الحصرية. نلاحظ بشكل عابر أنه خلال الفترة المعنية سجلنا حجماً متبخراً قدره 697م3 على مستوى السدود.

إن مستوى الإمدادات الخاصة بـ AEPIمستقر عمليا، مما يجعل من الممكن تلبية جميع الاحتياجات بشكل مثالي، وذلك بفضل التدابير الأمنية التي تم اتخاذها. وبالفعل، فقد تمت تعبئة جميع أصحاب المصلحة في قطاع المياه، من خلال عقد اجتماعات على المستويين المركزي والجهوي، للتغلب على هذا الوضع الاستثنائي من خلال ابتكار حلول متكاملة تجمع بين استخدام المياه السطحية والجوفية وغير التقليدية والمنقولة أيضا. كبعد توفير المياه.

وتم بعد ذلك التوقيع على عدة اتفاقيات من قبل مختلف الجهات المعنية لإعادة توزيع العجز والتغلب على آثاره.

وتتعلق هذه الاتفاقيات بأحواض أم الربيع وتانسيفت وملوية في ديسمبر 2022، ومنطقة درعة تافيللت في ماي 2022 بكلفة إجمالية قدرها 2.335 مليار درهم موزعة على النحو التالي:

-حوض ملوية : 1318 مليون درهم ؛
-حوض أم الربيع : 202 مليون درهم ؛
-حوض تانسيفت : 522 مليون درهم.
-جهة درعة تافيللت : 293 مليون درهم.

وتم اتخاذ إجراءات عاجلة تركزت بشكل رئيسي على ما يلي:

-تسريع معدل تزويد القرى والدوار بشبكات المياه المستدامة، و
وذلك في إطار الخطة الوطنية للنهوض بالتنمية ؛2020-2027
-تعزيز العمليات لتعبئة موارد مائية إضافية، لا سيما من خلال
القيام بالحفر الاستطلاعي واستغلال المياه الجوفية؛
-تشغيل محطة تحلية شتوكة-آيت باها بجهة سوس-ماسة
-الدعوة للتظاهر في مارس 2021 وفتح العروض المتعلقة بمشروع بناء محطة تحلية المياه بالدار البيضاء؛

-الإسراع في العمل على إطلاق محطة التحلية بالمنطقة الشرقية.
-تشييد السدود الصغيرة والسدود التلال من خلال توقيع اتفاقية شراكة لبناء 129 سدا جبليا؛

-إمداد المراكز والدوارات في حالة النقص بالشاحنات الصهريجية؛
-استكشاف الموارد الجوفية الجديدة
-إنشاء وحدات متنقلة لإزالة المعادن من المياه قليلة الملوحة.
-تأمين الطاقة الكهربائية لمدينة آسفي عبر محطة تحلية OCP بداية سنة 2023؛
-تأمين الطاقة الكهربائية لمدينة الجديدة من خلال محطة تحلية OCP مطلع 2023؛
-تنفيذ الاستعدادات النهائية لإنجاز المرحلة الأولى العاجلة من المشروع
الربط بين حوضي سيبو وأبي رقراق؛
-تركيب الصنادل العائمة لاستغلال مناسيب السدود المنخفضة.
كما تم اتخاذ تدابير لتوفير المياه وهي:
-تفعيل لجان المراقبة على مستوى العمالات والبلديات التي تغطي مناطقها
حالة النقص
-توفير المياه ومكافحة الهدر في أنابيب التوزيع.
-تنفيذ قرارات المحافظين المتعلقة بتوفير المياه.
-حملات توعية لتعزيز الاستخدام الرشيد للموارد المائية.
-حظر سقي المسطحات الخضراء بمياه الشرب واستخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في حالة حدوثها
إتاحة؛
-ضبط أعمال سرقة المياه بطريقة غير مشروعة من الأودية والترع متعددة الخدمات.
-تحسين شبكات توزيع المياه في بعض المدن.
-تنويع مصادر المياه وتعزيز الشبكات من خلال الربط بالسدود الكبيرة.

وقد مكنت هذه التدابير من ضمان أمن المنطقة الاقتصادية الخاصة بالمدن في ظل الظروف العادية، وتجنب انقطاع المياه، خاصة في تلك التي تشهد زيادة في الطلب على المياه في فترة الصيف.

وتم إنشاء لجنة وطنية لمراقبة تنفيذ التدابير العاجلة لضمان فعالية هذه المشاريع وإنجازها بنجاح.

Articles



الموضوع الأول: تغير المناخ

-تحليل التقلبات المناخية في حوض غير زيز.

-المنهج الاحتمالي لتقييم فاقد المياه بالتبخر منها

أحواض الري: حالة طبقة المياه الجوفية في برشيد؛

-تخطيط وإدارة الموارد المائية في سياق التغيير

المناخ وعدم اليقين.

تحليل تقلب المناخ في حوض جير زيز

محمود الزمزمي[1] ،لحسن بن عبيدات[2] ،طه الغزلاني[1]
المديرية العامة للهيدروليكا، الرباط، المغرب مختبر البيئة الوظيفية والهندسة البيئية، FST[1]
فاس، المغرب البريد الإلكتروني: elghazlani.taha@gmail.com[2]

ملخص

إن تعرض الموارد المائية لتغير المناخ أمر لا مفر منه. من الضروري فهم تغير المناخ وتأثيره على الموارد المائية. وفي الواقع، وفقا لدراسات سابقة، فإن ارتفاع درجة الحرارة وانخفاض هطول الأمطار سيؤثر بشكل مباشر على المياه السطحية ويقلل من تغذية المياه الجوفية، وخاصة في منطقة شمال أفريقيا. قمنا في هذه الدراسة بتحليل التقلبية المناخية لحوضي غير وزيز من خلال دراسة اتجاه السلاسل الزمنية لهطول الأمطار ودرجة الحرارة والتبخر والرطوبة النسبية باستخدام اختبار مان كيندال اللابارامترى، وكذلك عن طريق الاختبار اللابارامترى "اختبار "Pettitt"للكشف عن الكسر المحتمل. لتأكيد النتائج التي تم الحصول عليها في التحليل السابق، قمنا بحساب مؤشر نيكلسون ومرشح الترددات المنخفضة من الدرجة الثانية هانينج. وسلط تحليل تقلب المناخ الضوء على اتجاه الاحترار العالمي في الحوض، وزيادة في التبخر والرطوبة النسبية، وثبات سلسلة هطول الأمطار. ويتسق هذا مع التوقعات الوطنية، التي تظهر عمومًا تدرجًا في الاحترار بين الشرق والغرب، مما يمنح هذه المنطقة أكبر الزيادات.

ذ

الكلمات المفتاحية: التقلبات المناخية، الثبات، الاتجاه.

مقدمة

ينتمي حوضا غوير وزيز إلى منطقة العمل التابعة لوكالة الحوض المائي غوير زيز ريريس. وتشتهر هذه المنطقة بمناخها الجاف. الموارد المائية محدودة وتتكون بشكل رئيسي من احتياطيات المياه الجوفية. وفي السنوات الأخيرة، لوحظ انخفاض في غالبية طبقات المياه الجوفية، بسبب الاستغلال المكثف للمياه لأغراض الري، واستخدام نقاط المياه غير الخاضعة للرقابة، وتقلب المناخ. وفي الواقع، تستخدم العديد من المناطق المروية المياه الجوفية لسهولة الوصول إليها وتوافرها. ومع تغير المناخ، يمكن أن يتفاقم هذا الوضع ويهدد إمدادات المياه لكل من الري ومياه الشرب. كشفت العديد من الدراسات أن الموارد المائية في المغرب متغيرة للغاية من حيث الزمان والمكان وقد انخفضت على مدى العقود الأربعة الماضية ،et al. 2017, National Plan of the 'Water 2020-2050) مما تسبب في العديد من نقص إمدادات المياه خاصة خلال فترات الجفاف التي يمكن أن تستمر لمدة تصل إلى 5 (Achraki et al. 2019, Ouhamdouch سنوات متتالية .(1981-1984، 1994-1998، 2017-2019)من أجل دراسة تقلبية المناخ، يمكن تطبيق العديد من الأساليب والاختبارات على السلاسل الزمنية المرصودة، بعضها بسيط للغاية والبعض الآخر أكثر تعقيدًا. ويمكن استخدام اختبار بيتيت (بيتيت، 1979وبويشاند (بويشاند، 1982)للكشف عن أي انقطاعات في السلاسل الزمنية المرصودة، في حين يمكن استخدام اختبار مان كيندال (مان، 1945، كيندال، 1975)لدراسة وجود من أي اتجاه في السلسلة الزمنية المرصودة.

في هذه الدراسة، سوف نقوم بفحص وتفسير التقلبية المناخية لحوضي غير وزيز باستخدام اختبارات مان-كيندال وبيتيت اللابارامترية. سيتم تطبيق هذه الاختبارات على السلاسل الزمنية لهطول الأمطار والتبخر ودرجة الحرارة والرطوبة النسبية التي لوحظت في محطتي غير وزيز. لتأكيد النتائج التي تم الحصول عليها، سننتقل إلى حساب مؤشر نيكلسون ومرشح الترددات المنخفضة من الدرجة الثانية لهانينج.

ذ

المنهجية

تنتمي منطقة الدراسة إلى حوضي قير وزيز الواقعين بالجنوب الشرقي للمغرب. وهي تغطي مساحة قدرها 32.000 كيلومتر مربع وتشكل أكثر من نصف منطقة عمل وكالة الحوض الهيدروليكي غير زيز ريريس.

يصرف حوض قير وادي قير ورافده وادي بوعنان، وتحده الحدود الجزائرية جنوبا، وجبال الأطلس الكبير شمالا وشرقا، وحوض زيز جنوبا غربا.

يجف حوض زيز عن طريق وادي زيز، وتحده الحدود الجزائرية جنوبا، وحوض قير شرقا، وجبال الأطلس الكبير شمالا، وحوض ريريس غربا.

وتخص المعطيات المطرية المستعملة المحطات الهيدرولوجية للرشيدية (من 1958 إلى 2009) وتازوقرت (من 1972 إلى 2016)، أما معطيات متوسط درجات الحرارة فتتعلق بمحطات قدوسة بحوض القير (من 1983 إلى 2016) و أرفود في حوض زيز (من 1983 إلى 2016)، بالنسبة للتبخر والرطوبة النسبية، تخص البيانات محطتي أرفود وحسن الدخيل بين الأعوام 1997 و6102 للرطوبة النسبية و3891 و6102 للتبخر.

تم إجراء تحليل التقلبية المناخية باستخدام اختبار مان كيندل غير البارامتري على أساس الرتب ضمن السلسلة الزمنية لتحديد الاتجاه في جميع السلاسل المدروسة. الفرضية الصفرية لهذا الاختبار H0 هي أنه لا يوجد اتجاه، والفرضية المتناوبة H1 تفترض وجود اتجاه صاعد أو تنازلي. يستخدم اختبار بيتيت اللامعلمي لتحديد تاريخ الانفصال إذا كان موجودًا؛ الفرضية الصفرية لهذا الاختبار H0 هي عدم وجود انقطاع، والفرضية المتناوبة H1 تفترض انقطاعًا في السلسلة. تم إجراء التحليل الإحصائي باستخدام برنامج R Studio.

لتأكيد النتائج التي تم الحصول عليها في التحليل السابق، قمنا بحساب مؤشر نيكلسون (Nicholson et al. 1988) واستخدمنا مرشح التمرير المنخفض 2 (Assani، 1999). Hanning order

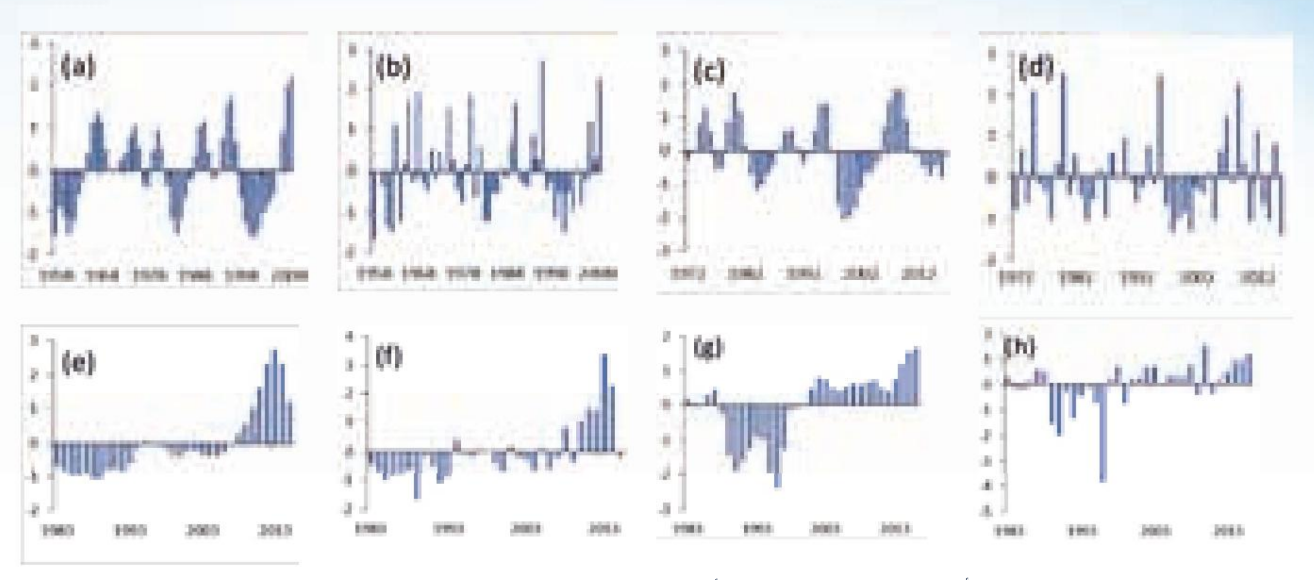
النتائج والمناقشات

أظهرت النتائج المتحصل عليها اتجاهاً متزايداً في درجات الحرارة والتبخر والرطوبة النسبية في جميع محطات المنطقة مع ثبات هطول الأمطار في جميع سلاسل الأمطار المستخدمة في هذه الدراسة. وهكذا لوحظ اتجاه نحو مناخ أكثر دفئا في المنطقة. ويعرض الجدول أدناه النتائج التي تم الحصول عليها من اختبار مان كيندال؛

	محطة		H0/H1 قيمة P			محطة قيمة P	H0/H1
هطول الأمطار	الرشيدية		0.7	H0 يحتفظ بالرطوبة نسبي		حسن الدخيل 0.017	تم الاحتفاظ بـ H1
	تازوغيرت		0.6	تم الاحتفاظ بـ H0		ارفود 0.016	تم الاحتفاظ بـ H1
درجة حرارة	قدوسة		0.00005 تم الاحتفاظ بـ H1			حسن الدخيل 0.00004 تبخر	تم الاحتفاظ بـ H1
	ارفود		0.002 تم الاحتفاظ بـ H1		ارفود	0.003	تم الاحتفاظ بـ H1

التحليل باختبار بيتيت يظهر انقطاعا سنة 1964 بمحطة أمطار الرشيدية وانقطاعا سنة 1996 بمحطة أمطار تازوقرت، نتائج اختبار بيتيت على السلسلة الحرارية تظهر انقطاعا سنة 1993 بمحطة أمطار قدوسة وتمزقا سنة 2000 في محطة أرفود.

ويظهر التحليل بواسطة مؤشر نيكلسون ومرشح هانينغ للتمرير المنخفض أن الحوض يتميز بفترات جفاف وفترات رطبة وفترات متتابعة، وأن التطور في المحطتين متطابق تقريباً. كما نميز أن فترات الجفاف تختلف عن فترات الرطب وعن فترات عادية تتتابع. وتوضح الرسوم البيانية أدناه النتائج التي تم الحصول عليها:



الشكل .2التطور بين السنوات لمؤشر نيكلسون، (أ) المطبق مباشرة على متوسط هطول الأمطار في محطة الرشيدية، (ب) بعد استخدام مرشح التمرير المنخفض من الدرجة 2من هانينغ على متوسط هطول الأمطار في محطة الرشيدية، (ج)) يطبق مباشرة على متوسط أمطار محطة تازوقرت، (د) يطبق مباشرة على متوسط درجات الحرارة لمحطة كدوسة، (د) بعد استعمال مرشح التمرير المنخفض من الرتبة 2لهانينغ على متوسط أمطار محطة تازوقرت، (هـ) يطبق مباشرة على متوسط درجة الحرارة لمحطة كدوسة، (و) بعد استخدام مرشح التمرير المنخفض هانينج من الرتبة 2عند متوسط درجة حرارة محطة كدوسة، (ز) يطبق مباشرة على متوسط درجة الحرارة لمحطة أرفود، (ح) بعد استخدام مرشح التمرير المنخفض هانينج من الرتبة 2على المتوسط درجة حرارة المحطة

من ارفود.

يتم حساب المؤشرات المركزية والمخفضة لكميات الأمطار السنوية المرجحة التي تم الحصول عليها عن طريق تطبيق مؤشر نيكلسون ومرشح التمرير المنخفض Hanning order 2للتمييز بشكل أفضل بين فترات عجز وفائض هطول الأمطار. يتم دعم التقلبات في أنظمة هطول الأمطار التي تتجسد في اتجاهات الفائض والعجز من خلال الدراسات الإحصائية للكشف عن التمزق (بوكريم وآخرون .(2011

تتميز التغيرات السنوية في هطول الأمطار بمحطتي تازوقرت والرشيدية بتناوب الفترة الرطبة والفترة العادية وفترة الجفاف والتي تكون ذات مدة متفاوتة مع تناوب السنوات الرطبة وسنوات الجفاف. وتتراوح مدة فترة الجفاف بين 5و7 سنوات بشكل عام، يليها تناوب الفترة الرطبة والفترة العادية من 2إلى 5سنوات. نلاحظ أن هطول الأمطار في المحطتين يظهر إلى حد كبير نفس التطور مع نفس الفترات الرطبة والجافة. إلا أن شدة هذه الأمطار تظهر فرقا كبيرا بين الرشيدية وتازوقرت.

تؤكد النتائج التي تم الحصول عليها من خلال تطبيق مؤشر نيكلسون ثبات سلسلتي هطول الأمطار التي تم الحصول عليها عن طريق اختبار مان كيندل الإحصائي. في الواقع، لوحظ تناوب فترات الجفاف وفترات الرطب في الحوض مع متوسط هطول الأمطار ثابت.

تتميز التغيرات السنوية في درجات الحرارة بمحطتي كدوسة وأرفود بتناوب فترة انخفاض درجات الحرارة تليها فترة ارتفاع درجات الحرارة، ونلاحظ انقطاعا في محطة كدوسة وأرفود عام 1994وفي محطة أرفود عام .2000وتؤكد هذه النتائج النتائج التي تم الحصول عليها باستخدام اختبار بيتيت الإحصائي (استراحة عام 1993لمحطة كدوسة وفي عام 2000بمحطة أرفود).

كما تؤكد هذه النتائج الاتجاه نحو الارتفاع في درجات الحرارة في المحطتين والذي تم الحصول عليه بتطبيق اختبار مان-كيندل الإحصائي، وكانت الدلائل المركزية المنخفضة لمتوسط درجات الحرارة السنوية الموزونة إيجابية منذ عام 2007لمحطة قدوسة ومنذ عام 2000لمحطة أرفود. محطة.

أظهرت نتائج اختبار مان-كندل المطبق على سلسلة الرطوبة النسبية للتبخر اتجاهاً تصاعدياً في محطتي أرفود وحسن الدخيل، وكانت شدة الزيادة قريبة من شدة درجة الحرارة.

قد تؤدي اتجاهات زيادة درجة الحرارة والرطوبة والتبخر الملحوظة في المنطقة إلى احترار واسع النطاق في جميع الفصول؛ وهذا يتوافق مع التوقعات على المستوى الوطني التي تظهر عمومًا تدرجًا بين الشرق والغرب للاحترار مما يوفر لهذه المنطقة أكبر الزيادات.

خاتمة

إن تحليل التقلبية المناخية للمنطقة من خلال الاختبارات الإحصائية لمؤشر مان كيندال وبيتيت ونيكلسون ومرشح التمرير المنخفض من الرتبة 2لهانينغ يسلط الضوء على ظاهرة الاحتباس الحراري في الحوض وزيادة في التبخر والرطوبة النسبية مع ثبات هطول الأمطار قد تكون هذه النتائج الأولية مفيدة لمديري الموارد المائية، ولكن يبدو أنه من الضروري إجراء المزيد من الدراسات لفهم التغيرات المناخية الإقليمية بشكل أفضل.

مراجع

1.Mahmood, R., Jia, S. & Zhu, W. (2019).Analysis of climate variability, trends, and prediction in the most active parts of the Lake Chad basin, Africa. Nature, Sci Rep 9, 6317.

2. Eudes, B. Y. B., Souad, H., & Jean-Luc, P. (2017). Analyse De La Variabilite Hydroclimatique Et Impacts Des Barrages Sur Le Regime Hydrologique D'une Riviere De Zone Semi-Aride : Le Sebou Au Maroc. European Scientific Journal, ESJ, 13(5), 509;

3. S. Ouhamdouch, M. Bahir & P. Carreira (2018). Impact du changement climatique sur la ressource en eau en milieu semi-aride : exemple du bassin d'Essaouira (Maroc) Climate change impact on water resource in semi-arid environment: example of Essaouira basin (Morocco). Revue des sciences de l'eau, Volume 31, numéro 1;

4. S. Acharki, M. Amharref, R. El Halimi & A.Bernoussi (2019). Évaluation par approche statistique de l'impact des changements climatiques sur les ressources en eau: application au périmètre du Gharb (Maroc) Assessment by statistical approach of climate change impact on water resources: application to the Gharb perimeter (Morocco). Revue des sciences de l'eau, Volume 32, numéro 3;

5. Direction de la Recherche et de la Planification de l'Eau, Plan National de l'Eau 2020-2050;

6. Mann H.B. (1945). Nonparametric tests against trend. Econometrical, 13, 245-259;

7. Kenddal M.G. (1975). Multivariate nonparametric tests for trend in water quality. Water Resour. Bull., 24 (3), 505-512.

8. Pettitt A.N. (1979). A non-parametric approach to the change-point problem. J.R. Stat. Soc., 28, 126-135;

9. Buishand T. (1982). Some methods for testing the homogeneity of rainfall records.J. Hydrol, 58, 11-27. ;

10. A. Assani. (1999), Analyse de la variabilité temporelle des précipitations (1916-1996) à Lubumbashi (Congo-Kinshasa) en relation avec certains indicateurs de la circulation atmosphérique (oscillation australe) et océanique (El Nino/ La Nina), Sécheresse 1999 ; 10 (4) : 245-52;

11. Nicholson S.E., Kim J., Hoopingarner J., (1988). Atlas of African rainfall and its interannual variability. Department of Meteorology, Florida State University Tallahassee, Florida, USA.

نهج احتمالي لتقييم الخسائر الماء عن طريق التبخر من البرك الري: حالة طبقة البرشيد

علي البلالي، يوسف تقي، عمر بريويل

وكالة الحوض المائي لأبي رقراق والشاوية، بنسليمان، المغرب

البريد الإلكتروني: ali1gpee@gmail.com

ملخص

وتشهد طبقة المياه الجوفية في برشيد استغلالا مفرطا من قبل القطاع الفلاحي بالمنطقة. كما أن بعض الممارسات التي يطبقها المزارعون تتسبب في خسائر إضافية في المياه الجوفية، ولا سيما الحصاد في وقت متأخر للغاية مع الري المستمر للجزر والخسارة عن طريق التبخر من أحواض التخزين. يتأثر تقدير خسائر التبخر بعدة مصادر لعدم اليقين، والتي يمكن أن تؤثر على فعالية وربحية التدابير الرامية إلى تخفيف هذه الخسائر أو إزالتها. ومع ذلك، فإن النهج الاحتمالي مفيد في دمج أوجه عدم اليقين هذه في عملية التقدير ويسمح لصانعي القرار بتقييم المخاطر المرتبطة بالاستثمار في تدابير الحد من خسائر التبخر. يعرض هذا المقال نهجًا احتماليًا يعتمد على بيانات صور الأقمار الصناعية عالية الدقة وطريقة مونت كارلو لتقدير خسائر التبخر في طبقة المياه الجوفية في برشيد. أظهرت النتائج أنه بالنسبة لاحتمال التجاوز بنسبة 90%، فإن فقدان التبخر السنوي المرتبط يبلغ حوالي 1.50 ملم/سنة بمتوسط يبلغ حوالي 1.84 ملم/سنة. بشكل عام، توفر الدراسة رؤية جديدة لتقدير خسائر التبخر من أحواض الري، وبالتالي، ستساعد صناع القرار على مراعاة عدم اليقين في تقييم الربحية الاقتصادية لتدابير الري. بالإضافة إلى ذلك، يمكن أن تكون المنهجية المطورة مفيدة لتقدير خسائر التبخر من الخزانات في المناطق غير الخاضعة للمراقبة.

3 3

الكلمات المفتاحية: التبخر، مفرش المائدة، مونت كارلو، احتمال التجاوز، قانون الاحتمالات

مقدمة

يعد تخزين المياه الجوفية لأغراض الري في أحواض صغيرة مفتوحة ممارسة غالبًا ما يتم تطبيقها في الأنشطة الزراعية. ومع ذلك، فإن هذه الممارسة تولد خسائر بسبب التبخر، لا سيما في المناطق القاحلة وشبه القاحلة (مايستر-فاليرو ومارتينيز-ألفاريز، 2011؛ مايستر-فاليرو وآخرون، 2013). على سبيل المثال، تم تقدير خسائر التبخر من أحواض الري في حوض سيجورا في إسبانيا بواسطة مارتينيز ألفاريز وآخرين. (2008) بمعدل 58.5 م3/سنة، وهو ما يمثل 8.3% من الطلب المائي للاستخدام الزراعي في منطقة الدراسة. أفاد وربس وأيالا (2014) أن خسائر التبخر من خزانات تكساس في الولايات المتحدة الأمريكية تمثل 61% من إجمالي الطلب الزراعي في المنطقة. في ظل 3 ظروف مماثلة، "كريج وآخرون. (2005) وجد أن فقدان التبخر السنوي من التخزين في المزرعة كان حوالي مليار متر مكعب لسعة إجمالية قدرها 2.50 مليار متر مكعب في كوينزلاند، أستراليا. في الآونة الأخيرة، لوحظت حالة أخرى في الصين مع فقدان المياه سنويًا من 916 خزانًا كبيرًا يبلغ حجمها حوالي 14 مليار متر مكعب (تيان وآخرون، 2021). تظهر نتائج البحث هذه أهمية تقدير فقد المياه عن طريق التبخر وإمكانية كبيرة لاستعادة المياه.

3 3

3

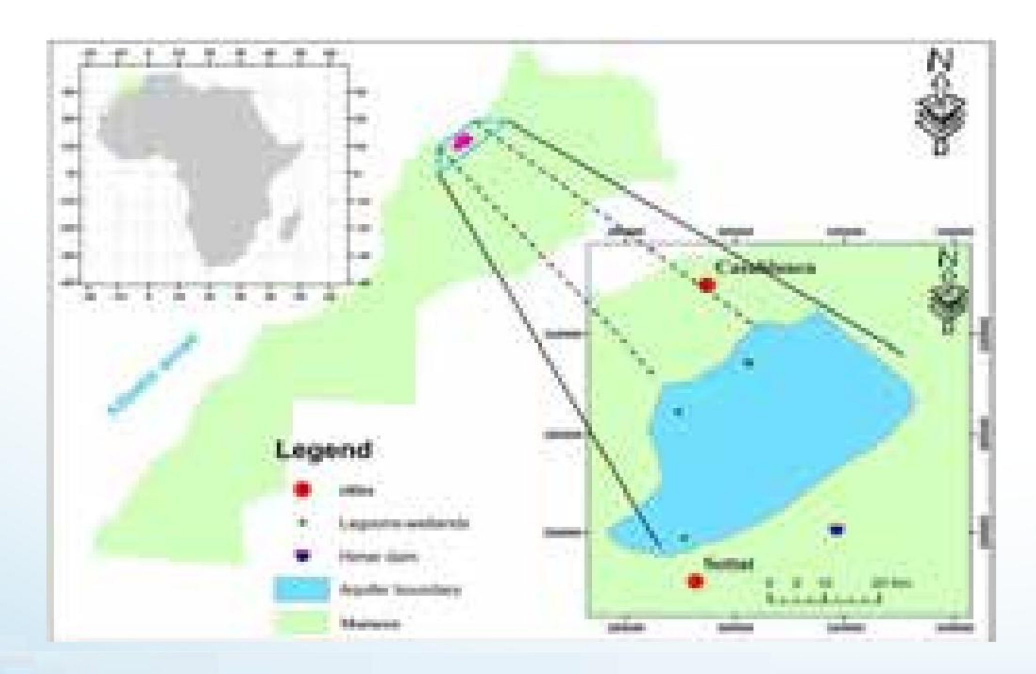
في الواقع، يمكن التخفيف من هذه الخسائر من خلال تنفيذ أجهزة تغطية الحوض وتقنيات تقليل التبخر (Waheeb Youssef and Khodzinskaya, 2019). (Han et al., 2020; Ock Kim et al., 2020; Padilha Campos Lopes et al., 2020; -ومع ذلك، فإن تركيب هذه الأجهزة يتطلب استثمارات كبيرة على مستوى منسوب المياه الجوفي بأكمله، وهو ما يجب تبريره اقتصاديًا. ومن ثم، فإن تقدير خسائر التبخر هذه يعد خطوة أساسية لتبرير تنفيذ تدابير الحد من الخسارة.

على الرغم من فائدتها في تقدير خسائر المياه عن طريق التبخر من الخزانات في الدراسات المذكورة، فإن موثوقية الطرق الحتمية تتأثر بعدة مصادر لعدم اليقين (Lowe et al., 2009; McJannet et al., 2013). تتم ملاحظة مصادر عدم اليقين هذه في غياب القياس المباشر، وعدم تجانس الأحواض من حيث الأبعاد، وتباين المقياس، وما إلى ذلك. وعلى وجه الخصوص، بالنسبة لأحواض تخزين المياه الجوفية الصغيرة، قد يؤدي النهج الحتمي إلى نتائج غير معقولة بسبب التباين الكبير للغاية في الأحواض في المواسم المختلفة من حيث العدد وكذلك المساحة السطحية.

وفي الوقت نفسه، فإن النهج الاحتمالي هو أداة من القاعدة إلى القمة لمعالجة ودمج مصادر عدم اليقين في عملية التقدير. وللقيام بذلك، تم إجراء اقتران بين مجموعة بيانات صور الأقمار الصناعية ذات الدقة العالية البالغة 0.5 متر مع طريقة مونت كارلو لتقدير خسائر التبخر في طبقة المياه الجوفية في برشيد.

المنهجية

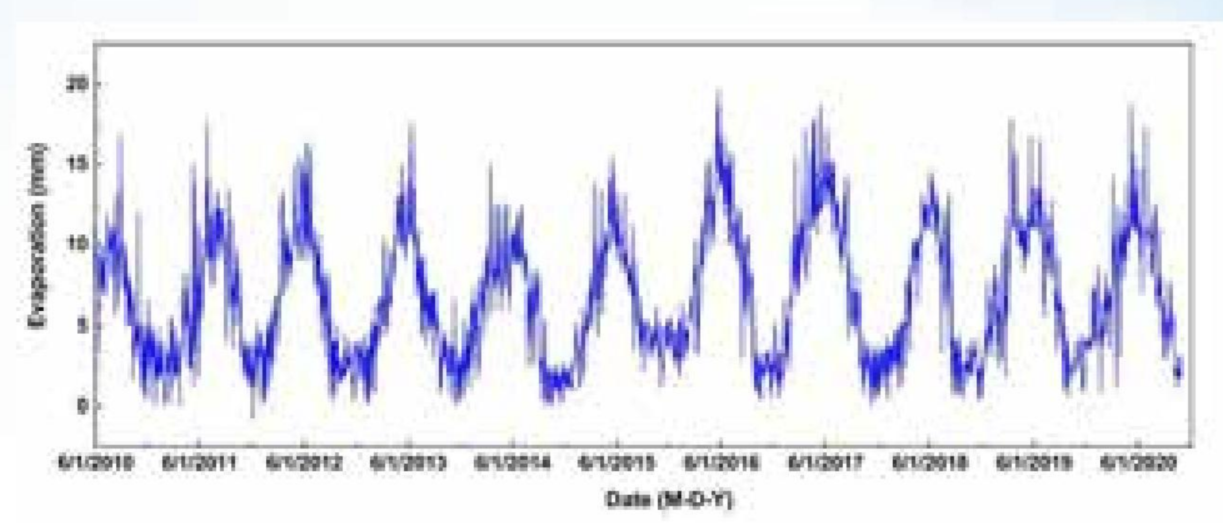
تعتبر طبقة المياه الجوفية برشيد واحدة من طبقات المياه الجوفية الرئيسية التي تحتوي على موارد كبيرة من المياه الجوفية في جهة الدار البيضاء-سطات. تقع في الشمال الغربي للبلاد بين مدينتي الدار البيضاء وسطات كما هو مبين في الشكل 1
.هذه المنطقة عبارة عن بيئة شبه قاحلة يتراوح معدل هطول الأمطار فيها بين 280 ملم إلى 320 ملم سنويًا، حيث يحدث أكثر من 90٪ من هطول الأمطار بشكل عام خلال فترة الأمطار (أكتوبر إلى أبريل). بينما تتراوح درجة الحرارة من 6.5 درجة مئوية إلى
الى يا
38 درجة مئوية في يناير وأغسطس على التوالي. وتبلغ مساحة هذه الطبقة الجوفية حوالي 1500 كيلومتر مربع، وتتميز بتربتها الخصبة مما يؤدي إلى السحب المستمر للمياه، وبالتالي استنزاف المياه الجوفية وتملح المياه التي أصبحت اليوم غير صالحة للاستهلاك (البوقداوي وآخرون، 2010)؛ الغالي وآخرون، 2020؛ الفراك وآخرون، 2014). وفي الوقت نفسه، تلعب المياه الجوفية دورًا مهمًا في التنمية الاجتماعية والاقتصادية من خلال توفير المياه للري وتربية الماشية.



الشكل 1: موقع منطقة الدراسة في المغرب

في هذه الدراسة تم استخدام بيانات التبخر اليومية المقاسة باستخدام كولورادو باك عند سد الحيمر الأقرب لمنطقة الدراسة لتحديد قوانين التوزيع الاحتمالي.

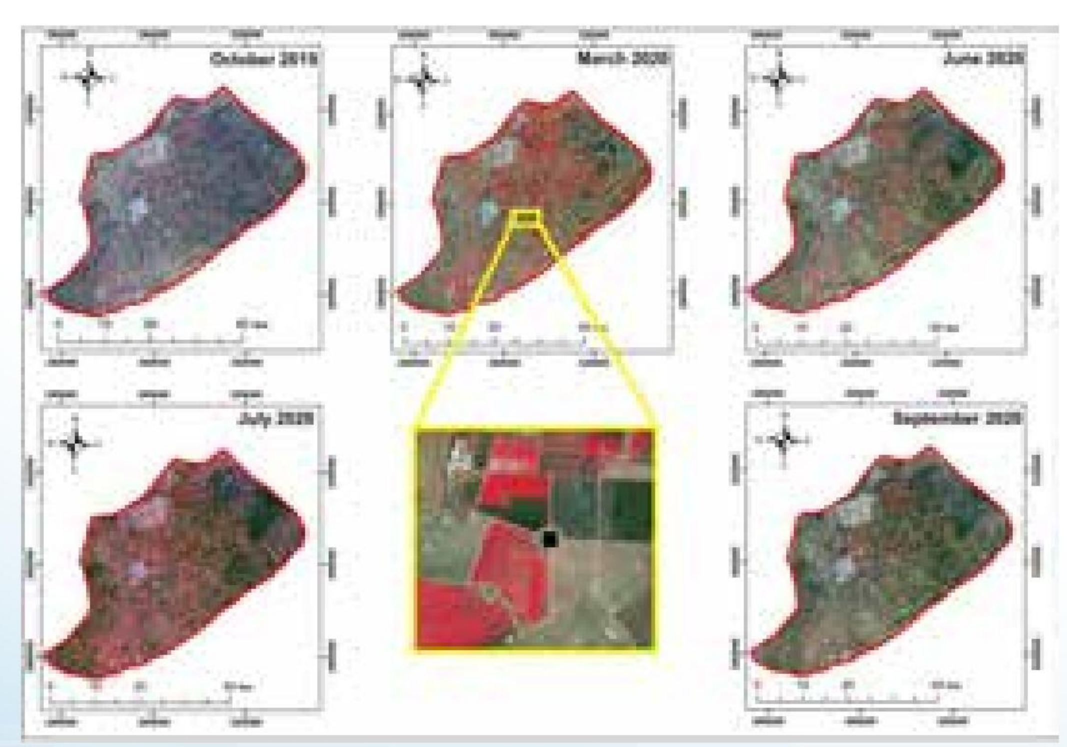
يوضح الشكل 2 قياسات التبخر اليومي المسجلة بسد الحمر.



الشكل :2بيانات التبخر اليومية المقاسة باستخدام نهر باك كولورادو عند سد الحيمر

تم الكشف عن أحواض الري عن طريق استخراج المسطحات المائية من صور الأقمار الصناعية عالية الدقة. ولتحقيق هذا الهدف، اعتمدنا على فسيفساء الصور التي قدمها القمران الصناعيان محمد السادس-أ وب بدقة مكانية قدرها 0,5 متر واستبانة طيفية بأربعة نطاقات لونية، خلال شهري أكتوبر 2019 ومارس ويونيو، يوليو وسبتمبر 2020 يغطيان كامل سهل برشيد ويوافقان كامل السنة الفلاحية 2019/2020. تمت معالجة نطاقات الصور لتحديد أحواض الري تلقائيًا باستخدام طريقة التصنيف الخاضع للإشراف عبر برنامج ERDAS. ومع ذلك، الشكل 3

يعرض فسيفساء من الصور عالية الدقة المقدمة من القمرين الصناعيين محمد السادس-أ و ب.



الشكل :3فسيفساء من الصور الفضائية بدقة 0.5 متر ملتقطة بواسطة القمر الصناعي محمد السادس ب مفرش المائدة برشيد خلال شهر أكتوبر 2019(أ)، مارس 2020(ب)، يونيو 2020(ج)، يوليو 2020(د)، وسبتمبر 2020(هـ). المصدر: CRTS(المغرب).

La méthode de Monte Carlo (MCS) est l'une des approches les plus appliquées pour la modélisation probabiliste dans plusieurs aspects liés à la gestion des ressources en eau, à savoir la modélisation de la qualité de l'eau, la modélisation du niveau des eaux souterraines, l'évaluation des risques d'inondation (Charalambous et al., 2013; El Bilali et al., 2021). C'est une méthode très utile pour évaluer la variabilité et l'incertitude des variables des modèles déterministes. Étant donné l'inexactitude ou l'insuffisance des ensembles de données d'évaporation, l'incertitude des variables doit être analysée avant d'évaluer les pertes par évaporation du bassin.

Le volume des pertes par évaporation (V_{evp}) à partir d'un plan d'eau de surface S en (m3) est exprimé par l'équation (1).

$$V_{evp} = EVP.C_p.S \quad (1)$$

Le pourcentage de ces pertes (Loss %) par rapport au volume prélevée et stocké dans des bassins est donnée par l'équation 2.

$$Loss\% = \frac{EVP.C_p}{h}.100 \quad (2)$$

Avec EVP est l'évaporation mesurée par le bac de Colorado, Cp le coefficient de transposition du bac Colorado à l'échelle du bassin de stockage (coefficient de correction), et h la hauteur du bassin considéré.

Pour un mois j de m_j jours, la perte mensuelle V_{mj} est donnée par l'équation suivante:

$$V_{mj} = \sum_{i=1}^{m_j}(EVP_i.C_{pi}.S_i) \quad (3)$$

La simulation par la méthode de Monte Carlo (MCS) est achevée en utilisant les lois de distribution de probabilité des variables EVP, Cp, and S en générant n itérations. D'où, la moyenne mensuelle des pertes par évaporation $\overline{V}_{mj}$ est calculée par l'équation (4):

$$\overline{V}_{mj} = \mu_{MCj} = \frac{1}{n}\sum_{k=1}^{n}(\sum_{i=1}^{m_j}(EVP_{ik}.C_{pik}.S_{ik})) \quad (4)$$

Avec, μ_{MC} le moyen de MCS de ces pertes. Tandis que la variance donnée par la MCS est exprimée par l'équation suivante :

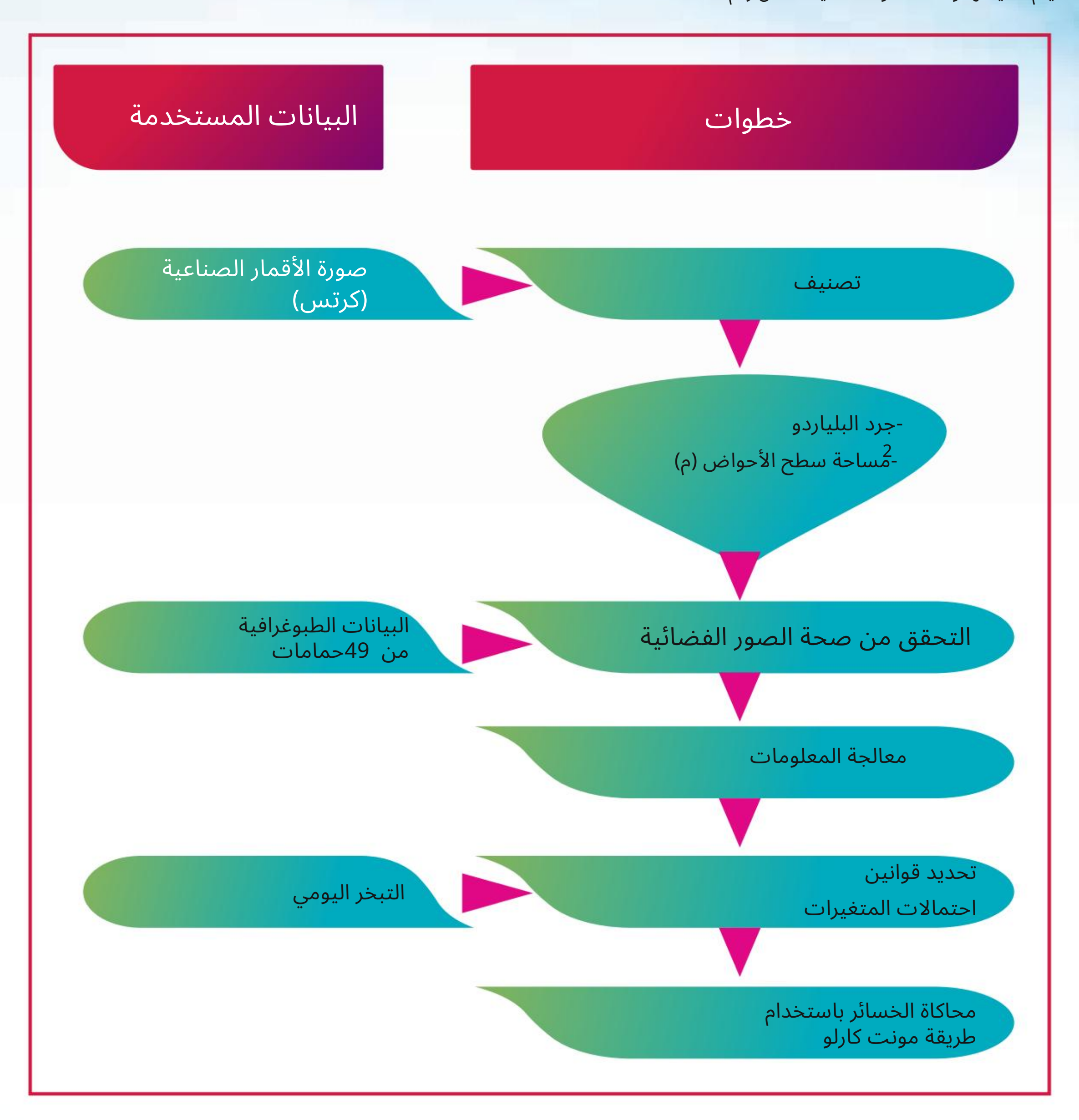
$$\sigma_{MCj}^2 = \frac{1}{n}\sum_{k=1}^{n}\left(\sum_{i=1}^{m_j}(EVP_{ik}.C_{pik}.S_{ik}) - \mu_{MC}\right)^2 \quad (5)$$

La perte annuelle en Mm^3 (Loss) est la somme des pertes mensuelles V_{mj} selon l'équation suivante :

$$Loss = 10^{-6}\sum_{j=1}^{12}V_{mj} \quad (6)$$

باستخدام نفس الطريقة والمعادلات 3،4و5 الخصائص الإحصائية للخسائر
التبخر السنوي مثل المتوسط

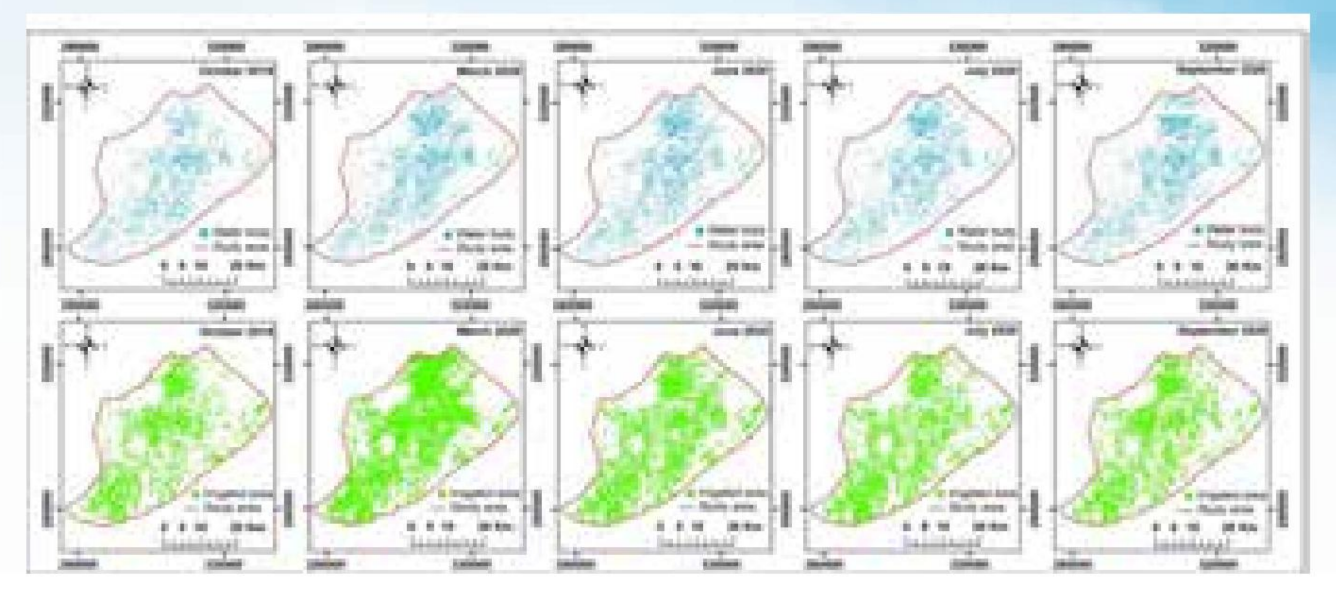
تطور التباين واحتمال التوزيع. يمكن للمنهجية المقترحة
يتم تلخيصها وفقا للخطوات التالية الشكل رقم 4



الشكل :4مخطط انسيابي للمنهجية المطورة

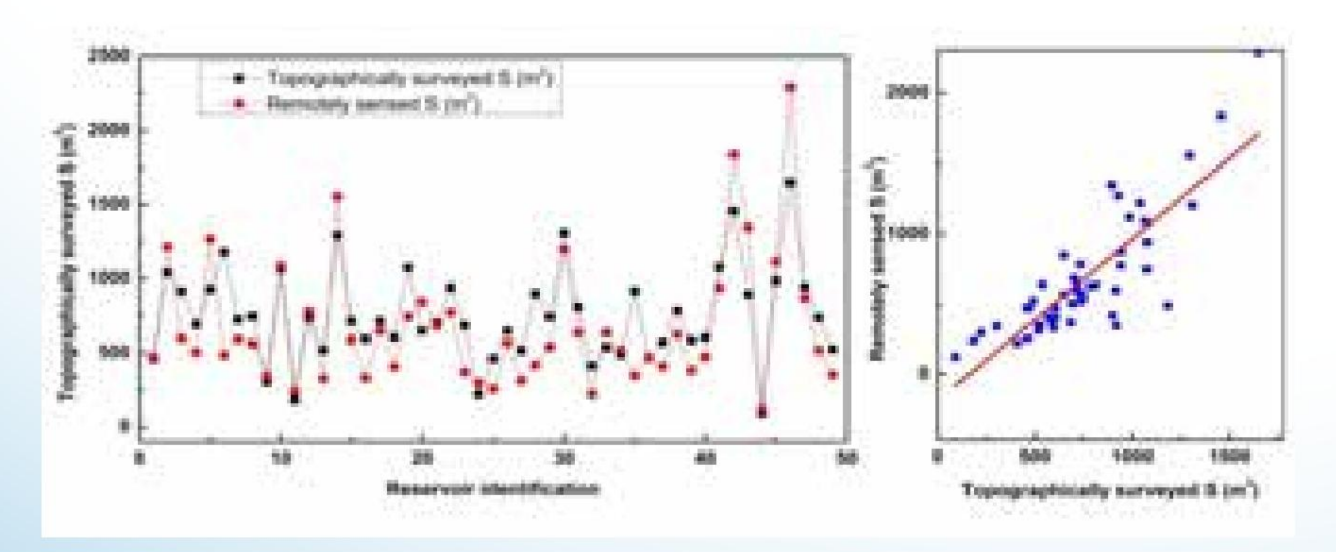
النتائج والمناقشة

تم تحضير المسطحات المائية والمناطق المروية المستخرجة من بيانات صور الأقمار الصناعية باستخدام جهاز كمبيوتر 6700HQ i7في بيئة .(ArcMap (ArcGIS 10.2ثم تم تصدير النتائج إلى ملفات CSVلعملية المعالجة. الشكل 5
يعرض خريطة المسطحات المائية والمناطق المروية لطبقة
برشيد الجوفية لمختلف الفصول. ولوحظ أن التوزيع المكاني للمسطحات المائية التي تم تحديدها يتوافق مع المناطق المروية، مما يشير إلى أن معظم المزارعين يستخدمون البرك لتخزين المياه بعد استخراج المياه الجوفية. ومع ذلك، فإن عملية التحقق من صحة البيانات الأكثر دقة أمر بالغ الأهمية لتقييم أداء طريقة الاستشعار عن بعد فيما يتعلق بقوائم جرد المسطحات المائية المرتبطة بالأحواض وتقييم أسطحها.



الشكل :5تطور المسطحات المائية المرتبطة بأحواض تخزين المياه
المناطق الجوفية والمروية (البلالي وآخرون، .(2022

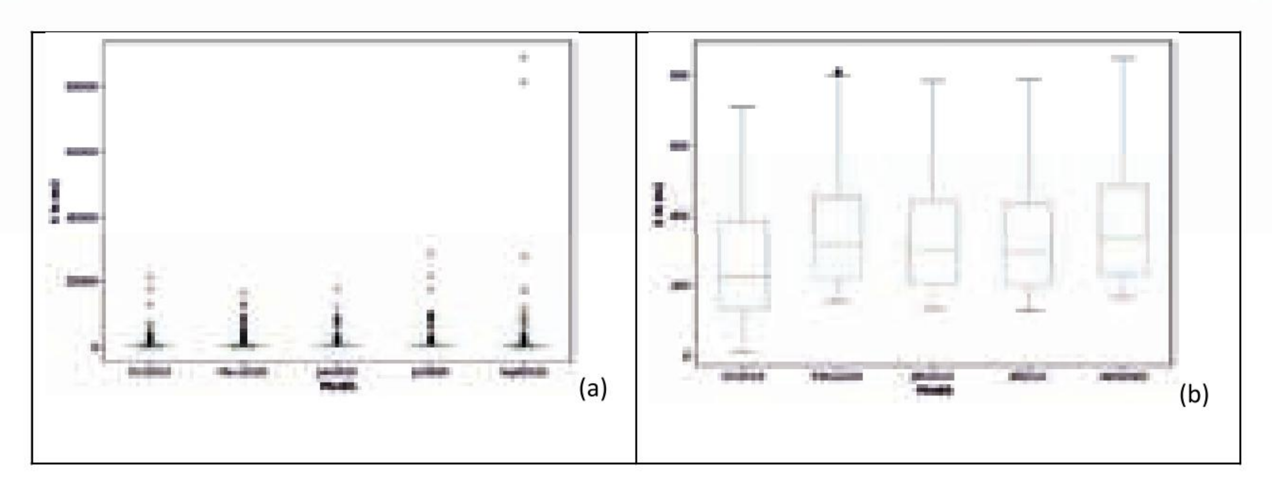
تم إجراء عملية التحقق من خلال مقارنة مساحات 49حوض ري تم رصدها طوبوغرافياً مع المساحات التي تم الحصول عليها عن طريق الاستشعار عن بعد من خلال حساب معامل التحديد Rونسبة التحيز .(PBIAS٪)
^{2}, معامل ناش (ناش وساتكليف، (1970,
وهي على التوالي 0.70و66.0 و01%. في الواقع، وفقًا للتوصيات الخاصة بتقييم النماذج الهيدرولوجية التي قدمها مورياسي وآخرون. (2007)تؤكد هذه النتائج متانة طريقة الاستشعار عن بعد من حيث مساحة سطح الحوض. بيانيا، الشكل 6
يعرض المقارنة بين أسطح الأحواض المحددة
طوبوغرافيا ميدانيا وتلك المحددة بطريقة الاستشعار عن بعد. ويبين هذا الشكل التوافق الكافي بين أسطح الأحواض التي تم تحديدها بواسطة طريقة الاستشعار عن بعد وتلك التي تم تحديدها من خلال التضاريس. ولذلك، فإن بيانات الصور الفضائية يمكن الاعتماد عليها لإنشاء محاكاة لفقد التبخر. لكن يبقى الفصل بين المسطحات المائية المرتبطة بأحواض الري وتلك المرتبطة بالمسطحات المائية الأخرى، وهي محطات معالجة مياه الصرف الصحي بالمنطقة، والدياس، والمنخفضات وغيرها.



الشكل :6التحقق من صحة طريقة الاستشعار عن بعد لتحديد الأحواض عن طريق المقارنة
مناطق مكونة من 49خزاناً تم رصدها طوبوغرافياً مع تقدير المساحات عبرها
صور الأقمار الصناعية.

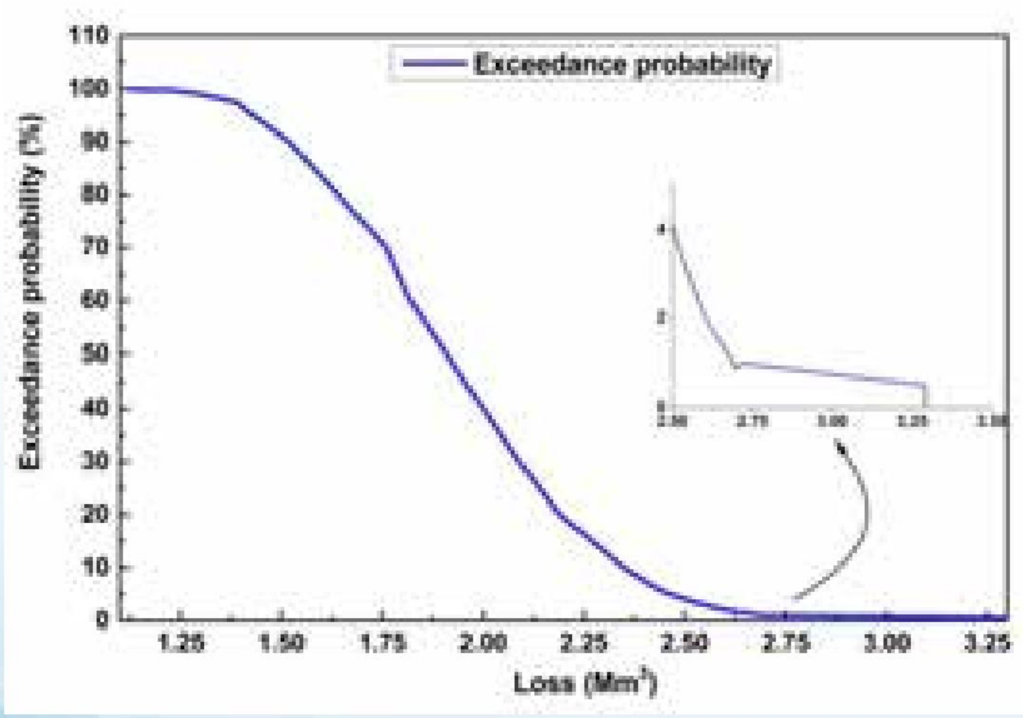
وتشمل المسطحات المائية التي تم تحديدها بالاستشعار عن بعد المسطحات المائية المرتبطة بمحطات معالجة مياه الصرف الصحي والمنخفضات والديانات خلال فترات الأمطار، والمناطق المروية بطريقة الجاذبية. وبالتالي فإن هذه القيود تزيد من عدم اليقين باستخدام النهج الحتمي. ومع ذلك، فإن دراسة التوزيع السطحي للأحواض المحددة تعتبر ذات قيمة لتحديد وإزالة القيم المتطرفة. يعرض الشكل 7 رسمًا توضيحيًا لأسطح المسطحات المائية المحددة. وفقا لتوزيع البيانات الأولية، نرى توزيعا ضعيفا بسبب القيم المتطرفة القليلة (الشكل 7أ).

.(وفي هذه الأثناء، أعطت معالجة هذه البيانات باستخدام الطريقة الرباعية لفاصل ثقة 95%، توزيعاً ance
جيداً بقيم وسطية معقولة مقارنة بمساحات الأحواض التي يستخدمها المزارعون.



الشكل 7: نتائج معالجة بيانات الأقمار الصناعية. (أ): البيانات الأولية، (ب): البيانات التي تمت معالجتها والاحتفاظ بها لهذه الدراسة

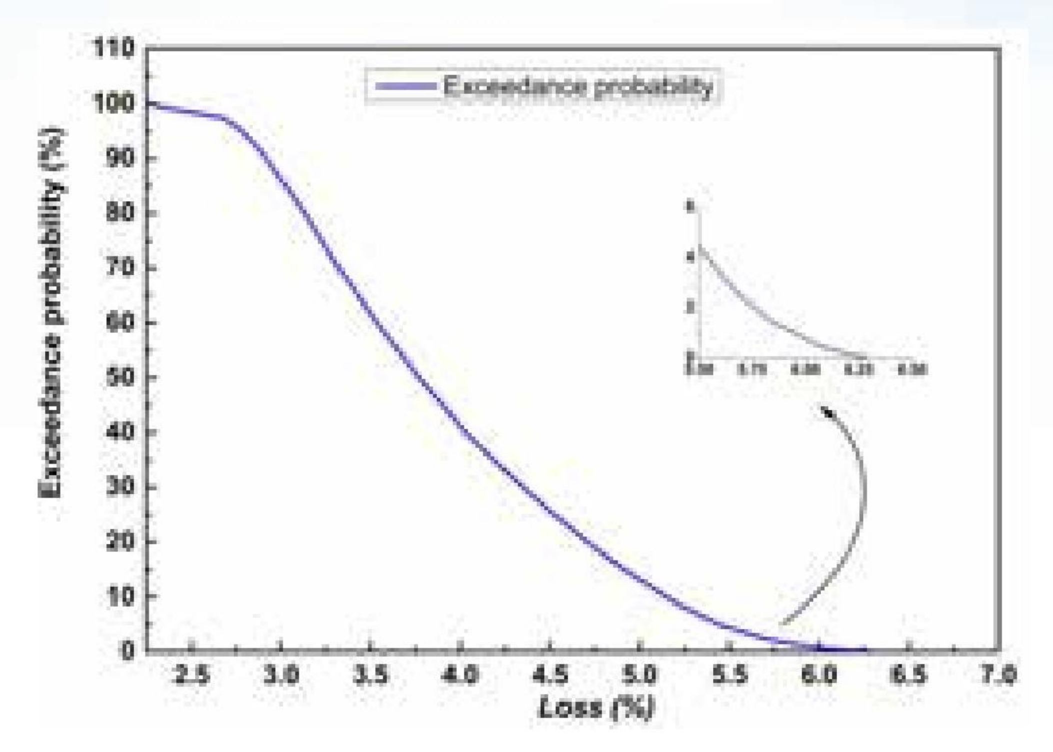
يتم عرض نتائج هذا النهج في شكل احتمالي بدلا من المتغيرات الحتمية.
وفقا للنتائج المعروضة في الشكل 8، فإن الخسائر المرتبطة باحتمالات 10% و 90%، 75%، 50%، 25% هي 1.5 ملم ^{3}، 1.69 ملم ^{3}، 2.14 ملم ^{3} و 2.34 ملم ^{3} على التوالي.



الشكل 8: النتائج الاحتمالية للخسائر السنوية الناتجة عن التبخر من الأحواض التخزين في طبقة المياه الجوفية في برشيد

وكذلك الشكل رقم 9 يعرض النتائج الاحتمالية المتعلقة بنسبة الخسائر الناتجة عن التبخر بالنسبة للحجم المجمع والمخزن في الأحواض. وتظهر هذه النتائج أن هذه الخسائر يمكن أن تصل إلى 5% مرتبطة باحتمال 10% بحد أدنى 2.5% مرتبطة باحتمال أكثر من 95%.

كما أن متوسط هذه النسبة هو 3.75% من المياه المفقودة بالتبخر من أحواض التخزين.



الشكل 9: نسبة الفاقد مقارنة بالحجم السنوي المأخوذ من المياه الجوفية وتخزينها في الأحواض.

يمكن أن يكون التطبيق العملي لهذه الطريقة في إدارة الموارد المائية جزءًا من هدف تقييم الربحية الاقتصادية لتدابير الحد من التبخر والمخاطر المرتبطة بالاستثمار. على سبيل المثال، بالنسبة لعتبة ربحية المياه التي سيتم استردادها لاستثمار معين قدره 2.3 مليون، فإن احتمال نجاح هذا الاستثمار هو 10% (استثمار ذو مخاطر عالية).

[3]
،

من ناحية أخرى، بالنسبة لعتبة ربحية تبلغ 1.5 مليون متر مكعب، فإن احتمال نجاح الاستثمار هو 90٪. كما أن منع هذه البرك، إذا لم يكن له تأثير على الزراعة، يمكن أن يكون بديلاً للقضاء على هذه الخسائر.

خاتمة

يمكن أن يمثل فقدان التبخر من أحواض تخزين المياه الجوفية إمكانات هيدروليكية كبيرة يمكن استعادتها، خاصة بالنسبة للمناطق التي تعاني من نقص المياه. كان الهدف الرئيسي من هذه الدراسة هو تطوير نهج احتمالي يعتمد على مجموعات بيانات الاستشعار عن بعد مع صور الأقمار الصناعية عالية الدقة وطريقة MCS للتنبؤ بفواقد التبخر من الأحواض في منطقة طبقة المياه الجوفية في برشيد. ووفقاً لهذه الدراسة فإن خسائر التبخر تعتبر كبيرة مقارنة بتوفر الموارد المائية في منطقة الدراسة. وباختصار، فإن التطبيقات العملية للنهج المطور مفيدة لتقييم الجدوى الاقتصادية لتدابير الحد من التبخر ولتصميم خزانات مياه الري الأمثل. بالإضافة إلى ذلك، يمكن أن تكون المنهجية المطورة مفيدة لتقدير خسائر التبخر ليس فقط من أحواض تخزين المياه الجوفية، ولكن أيضًا في المناطق سيئة المراقبة لتقدير خسائر التبخر من الخزانات الكبيرة وقنوات النقل، وما إلى ذلك.

مراجع

1.Charalambous, J., Rahman, A., Carroll, D., 2013. Application of Monte Carlo Simulation Technique to Design Flood Estimation: A Case Study for North Johnstone River in Queensland, Australia. Water Resour. Manag. 27, 4099–4111. https://doi.org/10.1007/s11269-013-0398-9

2.Craig, I., Green, A., Scobie, M., Schmidt, E., 2005. Controlling Evaporation Loss from Water Storages. Natl. Cent. Eng. Agric. 207.

3.El Bilali, A., Taghi, Y., Briouel, O., Taleb, A., Brouziyne, Y., 2022. A framework based on high-resolution imagery datasets and MCS for forecasting evaporation loss from small reservoirs in groundwater-based agriculture. Agric. Water Manag. 262, 107434. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2021.107434

4.El Bilali, A., Taleb, A., Boutahri, I., 2021. Application of HEC-RAS and HEC-LifeSim models for flood risk assessment. J. Appl. Water Eng. Res. 9, 1–16. https://doi.org/10.1080/23249676.2021.1908183 ;

5.El Bouqdaoui, K., Aachib, M., Blaghen, M., Kholtei, S., 2010. Modélisation de la pollution par les nitrates de la nappe de Berrechid, au Maroc. Afrique Sci. Rev. Int. des Sci. Technol. 5, 99–113. https://doi.org/10.4314/afsci.v5i1.61711

6.El Ghali, T., Marah, H., Qurtobi, M., Raibi, F., Bellarbi, M., Amenzou, N., El Mansouri, B., 2020. Geochemical and isotopic characterization of groundwater and identification of hydrogeochemical processes in the Berrechid aquifer of central Morocco. Carbonates and Evaporites 35, 1–21. https://doi.org/10.1007/s13146-020-00571-y

7.Elfarrak, H., Hakdaoui, M., Fikri, A., 2014. Development of Vulnerability through the DRASTIC Method and Geographic Information System (GIS) (Case Groundwater of Berrchid), Morocco. J. Geogr. Inf. Syst. 06, 45–58. https://doi.org/10.4236/jgis.2014.61006

8.Han, K.W., Shi, K. Bin, Yan, X.J., 2020. Evaporation loss and energy balance of agricultural reservoirs covered with counterweighted spheres in arid region. Agric. Water Manag. 238, 106227. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106227

9.Lowe, L.D., Webb, J.A., Nathan, R.J., Etchells, T., Malano, H.M., 2009. Evaporation from water supply reservoirs : An assessment of uncertainty. J. Hydrol. 376, 261–274. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2009.07.037

10.Maestre-valero, D.M.J.F., Martínez-alvarez, J.C.V., 2011. The Economic Impact of Water Evaporation Losses from Water Reservoirs in the Segura Basin , SE Spain 3153–3175. https://doi.org/10.1007/s11269-011-9850-x

11.Maestre-valero, J.., Martinez-Granados, D., Martinez-Alvarez, J., Calatrava, J., 2013. Socio-Economic Impact of Evaporation Losses from Reservoirs Under Past , Current and Future Water Availability Scenarios in the Semi-Arid Segura Basin 1411–1426. https://doi.org/10.1007/s11269-012-0245-4

12.Martínez Alvarez, V., González-Real, M.M., Baille, A., Maestre Valero, J.F., Gallego Elvira, B., 2008. Regional assessment of evaporation from agricultural irrigation reservoirs in a semiarid climate. Agric. Water Manag. 95, 1056–1066. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2008.04.003

13.McJannet, D.L., Cook, F.J., Burn, S., 2013. Comparison of techniques for estimating evaporation from an irrigation water storage. Water Resour. Res. 49, 1415–1428. https://doi.org/10.1002/wrcr.20125

14.Moriasi, D.N., Arnold, J.G., Van Liew, M.W., Bingner, R.L., Harmel, R.D., Veith, T.L., 2007. Model evaluation guidelines for systematic quantification of accuracy in watershed simulations. Trans. ASABE 50, 885–900. https://doi.org/10.13031/2013.23153

15.Nash, J.E., Sutcliffe, J. V, 1970. River flow forecasting through conceptual models part I—A discussion of principles. J. Hydrol. 10, 282–290.

16.Ock Kim, Y., Mahboob, S., Viayaraghavan, P., Biji, D., Abdullah Al-Ghanim, K., Al-Misned, F., Ahmed, Z., Kwon, J.T., Won Na, S., Kim, H.J., 2020. Growth promoting activity of Penaeus indicus by secondary metabolite producing probiotic bacterium Bacillus subtilis isolated from the shrimp gut. J. King Saud Univ. - Sci. 32, 1641–1646. https://doi.org/10.1016/j.jksus.2019.12.023

17.Padilha Campos Lopes, M., de Andrade Neto, S., Alves Castelo Branco, D., Vasconcelos de Freitas, M.A., da Silva Fidelis, N., 2020. Water-energy nexus: Floating photovoltaic systems promoting water security and energy generation in the semiarid region of Brazil. J. Clean. Prod. 273. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122010

18.Tian, W., Liu, X., Kaiwen, W., Liu, P., Changming, B., 2021. Estimation of reservoir evaporation losses for China. J. Hydrol. 596. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2021.126142

19.Waheeb Youssef, Y., Khodzinskaya, A., 2019. A Review of Evaporation Reduction Methods from Water Surfaces. E3S Web Conf. 97. https://doi.org/10.1051/e3sconf/20199705044

20.Wurbs, R.A., Ayala, R.A., 2014. Reservoir evaporation in Texas, USA. J. Hydrol. 510, 1–9. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2013.12.011

.

Revue Eau et Développement

تخطيط وإدارة الموارد المائية في أ

سياق تغير المناخ وعدم اليقين

محمود الزمزمي

مديرية أبحاث وتخطيط المياه

البريد الإلكتروني: mahmoud.zemzami.dept.eau@gmail.com

توليف

لقد شكل تخطيط وإدارة الموارد المائية في بلد مثل المغرب دائما تحديا كبيرا في الماضي والحاضر. وعلى المدى المتوسط والطويل، سيكون هذا التحدي أكثر أهمية مع نتائج التوقعات المناخية التي لا تزال متشائمة بالنسبة لمنطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا التي يعد المغرب جزءا منها.

وفي مواجهة مثل هذا الوضع، يجب إعادة النظر في إدارة الموارد المائية وصنع القرار في سياق تغير المناخ وعدم اليقين العميق. وبالتالي، يجب على المديرين إعادة النظر في المفاضلات بين نظام قادر على مقاومة الفيضانات والجفاف وتلبية الطلب على المياه لجميع المستخدمين الذين هم في منافسة دائمة

السياق الحالي

مع الأخذ في الاعتبار السنوات التي انقضت منذ نشر توقعات المناخ المستقبلية التي كانت بمثابة الأساس لتقريري التقييم الرابع والخامس والسادس للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ وبصرف النظر عن التدابير الحالية والمستقبلية المتخذة للحد من انبعاثات غازات الدفيئة، فإن تغير المناخ ستكون آثاره الكارثية موجودة دائمًا (Carvalho D، وآخرون، 2022). ستشكل التغيرات السنوية والموسمية المتوقعة من خلال سيناريوهات تغير المناخ المستقبلية (CMIP3 وCMIP5 وCMIP6) تحديات كبيرة لمخططي ومديري المياه، لا سيما مع انخفاض توافر المياه السنوي بسبب زيادة التبخر وانخفاض هطول الأمطار. بالإضافة إلى ذلك، فإن التغيرات في المخططات الهيدروغرافية وأنظمة هطول الأمطار اعتمادًا على المنطقة ستؤثر على سعة التخزين وطرق تشغيل السدود مقارنة بظروفها الحالية. وسيكون لذلك تأثير على قدرة الأنظمة الهيدروليكية على تلبية متطلبات مياه الشرب والزراعة والبيئة وكذلك الحماية من الفيضانات. كما أن الحاجة إلى إطلاق المياه للحفاظ على مستوى المياه للحماية من الفيضانات ستزيد من تعرض الأنظمة للجفاف. وهذا يلفت الانتباه إلى القدرة التخزينية للسدود التي تشكل عائقًا كبيرًا أمام تلبية الطلب في المستقبل.

وبالتالي فإن الحاجة وأهمية السدود وترابطها لتأمين إمدادات المياه وحماية الناس والممتلكات من الفيضانات سوف تتزايد، مع توقع زيادة تأثير السدود على تدفقات مجرى النهر في المستقبل، وخاصة خلال الأشهر الأكثر جفافا من السنة. (انخفاض كبير في الإصدارات).

إدارة الموارد المائية

للتعويض عن الخلل الكبير في التوازن بين توافر المياه خلال الأشهر الرطبة والجافة، يجب أن تحتفظ السدود بالكثير من المياه المتاحة بشكل طبيعي للأنهار خلال موسم الأمطار وتطلق الكثير من مخزونها خلال موسم الجفاف حيث يزداد الطلب على المياه. وهذا يعني أن الاختلافات بين مستوى الذروة للتخزين في الشتاء/الربيع والحد الأدنى للتخزين في الصيف/الخريف ستزداد بسبب زيادة الأحداث المتطرفة. (Fischer EM, and Knutti R, 2016; Myhre G, 2019).

وتزداد التحديات أهمية إلى حد أن النظام يعتمد بشكل كبير على المياه السطحية (اللوكوس، أبي رقراق، أم إربية، إلخ)، وأن الموارد المائية المتجددة (المحدودة والمفرطة الاستغلال) ضعيفة للغاية مقارنة بموارد المياه السطحية. والطلب على المياه. وبالتالي، يجب على المديرين الاعتماد بشكل متزايد على المياه التي توفرها السدود لتبقى تحت عتبة "الضمان" في نهاية الصيف وفي الخريف، أو التوجه نحو الموارد الطبيعية غير التقليدية مثل تحلية مياه البحر في إطار إدارة الموارد المائية المتكاملة. إدارة.

تخطيط المياه

وفي سياق تغير المناخ، لا يمكن للحفظ وحده أن يلبي سعة التخزين المستقبلية والمتطلبات اللازمة لتلبية الاحتياجات المستقبلية من المياه للأعداد السكانية سريعة النمو. ومن المهم في هذا السياق التحرك نحو التخطيط/الإدارة المتكاملة لإمدادات المياه من خلال تحسين كفاءة استخدام المياه وأداء شبكات توزيع مياه الشرب ومياه الري لأي تخطيط واستعداد للجفاف في سيناريوهات تغير المناخ. ستؤدي سعة التخزين غير الكافية إلى زيادة تعرض شبكات المياه للتغيرات في التوقيت الهيدرولوجي المرتبط بتغير المناخ. تعتبر فعالية زيادة سعة التخزين من خلال بناء سدود جديدة كخيار للتكيف لإنشاء نظام مرن لإمدادات المياه قابلة للتطبيق في ظل ظروف معينة، ولكن الهندسة المكانية للسدود وأنظمة النقل مهمة أيضًا للتخفيف من تأثير تغير المناخ على موارد المياه.

ولابد أيضاً من تنفيذ إجراءات أخرى أكثر أمنا ودائمة مثل تحلية مياه البحر. وهذا المورد الذي لا ينضب يشكل خياراً استراتيجياً وأمنياً في سياق مليء بالشكوك المرتبطة بتغير المناخ دون أن ننسى أن البحث والتطوير التكنولوجي سيؤديان بالتأكيد إلى تحسين البيئة. تقنيات تحلية مياه البحر وتقليل استهلاك الطاقة في محطاتها. بالنسبة للسدود ذات القدرة التخزينية المنخفضة، لن يكون دورها فعالاً في تنظيم التقلب الشديد في التدفقات الهيدرولوجية مقارنة بالخزانات ذات السعة الكبيرة، ولكن يمكن اعتماد مناهج شاملة لإدارة المياه وتخطيطها والتي يمكن أن توفر حلولاً تكميلية ودائمة.

الأحداث المتطرفة

إن الزيادة المتوقعة في تواتر وشدة الفيضانات والجفاف، بالإضافة إلى إدارة مستويات الحضيض في مناخ متغير، يمكن أن يكون لها عواقب وخيمة على إمدادات المياه والاقتصاد في البلاد.

ونلاحظ أنه بالإضافة إلى الانخفاض في هطول الأمطار الذي أكدته النماذج المناخية، ركزت العديد من الدراسات على التقلبات السنوية وحدوث الظواهر المتطرفة (Zemzami and El Kadiri, 2015). في الواقع، لاحظ الزمزمي م (2019) أن التقلبات السنوية في هطول الأمطار في حوض اللوكوس تميل إلى الزيادة، مما يؤدي إلى زيادة احتمال حدوث الجفاف. وبالإضافة إلى ذلك، عندما تميل الأمطار إلى أن تكون أكثر كثافة على نحو متزايد، فإن ذلك يولد جريانًا كبيرًا، وانخفاضًا في تغذية المياه الجوفية، وتقييدًا في تجديد احتياطياتها، لا سيما في سياق الاستغلال المفرط والإدارة غير الرشيدة.

وبنفس المعنى، فإن زيادة حجم وعدد السدود بالإضافة إلى المرونة وإعادة التعديل في تشغيلها أمر ضروري للتعويض عن تأثيرات تغير المناخ على قابلية التأثر بالفيضانات والجفاف، دون حتى الأخذ في الاعتبار زيادة الطلب على المياه في المستقبل، وخاصة في المراكز الحضرية.

المفاضلات بين إطلاقات المياه للحفاظ على مخزون السيطرة على الفيضانات والقدرة على التكيف مع الجفاف، والتدفقات البيئية، والطلب على المياه (الشرب والزراعة والصناعة) وإنتاج الطاقة التي ستحتاج إلى إعادة النظر فيها بشكل متزايد في ضوء تغير المناخ والنمو السكاني وتكنولوجيا المياه عمليات النشر.

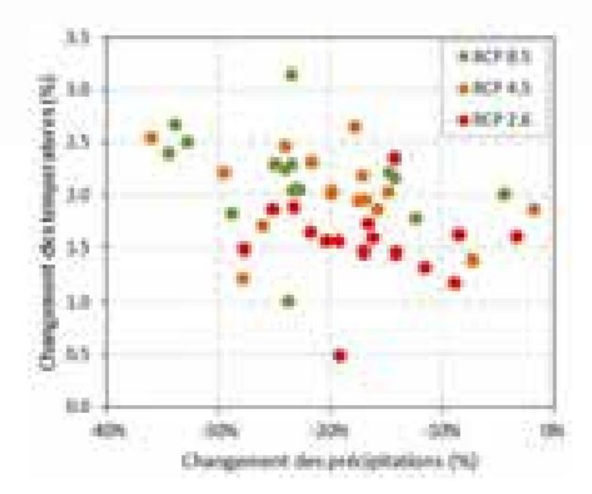
شيخوخة السدود

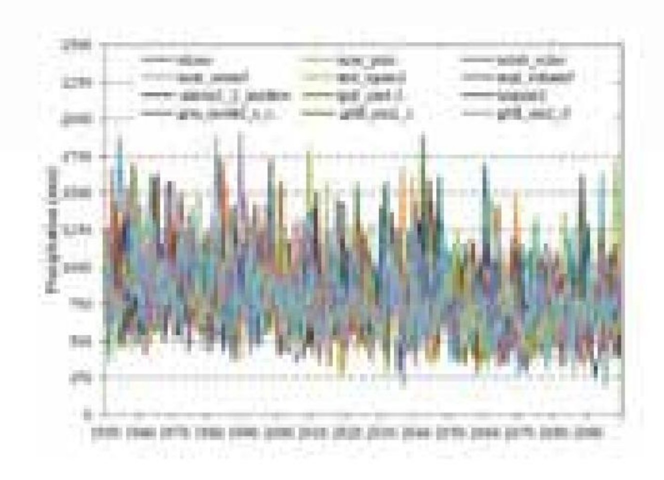
وعلى المدى الطويل، تجدر الإشارة إلى أن عدداً كبيراً من السدود ستكون قديمة وتصنف على أنها سدود عالية المخاطر. ولتحقيق هذه الغاية، يتعين علينا الآن أن نبدأ في التفكير في مستقبل السدود التي أصبحت قديمة بشكل متزايد. إن الاتجاه الحالي نحو إزالة السدود الخطرة في المغرب ليس مجديا، حيث تتوفر مواقع بناء السدود المناسبة.

إن استبدال هذه السدود القديمة والأقل كفاءة (في سياق تغير المناخ) بسدود جديدة أكبر يمكن أن يكون وسيلة للتخفيف من آثار تغير المناخ. ويجب أن يكون هذا الإجراء موضوع تفكير عميق ومتأنٍ، اعتمادًا على سياق كل سد أو نظام من السدود.

صنع القرار وعدم اليقين بشأن تغير المناخ

عدم اليقين ليس جديدا في عمليات صنع القرار. في سياق تغير المناخ حيث يواجه المجتمع العلمي صعوبة في تحديد طبيعة الأحداث المناخية المستقبلية أو احتمالية حدوثها (عدم اليقين العميق)، يضطر صناع القرار إلى قبول المخاطر في قراراتهم. ويواجه المغرب الآن، أكثر من أي وقت مضى، التحدي المتمثل في الأخذ بعين الاعتبار مصدرا جديدا لعدم اليقين: ذلك المصدر المرتبط بتأثيرات تغير المناخ ونتائج الاستراتيجيات المقترحة للتكيف معه. لاتخاذ قرارات سليمة في ظل ظروف عدم اليقين، يجب على خدمات إدارة المياه تطبيق نهج غير تقليدي، نهج يترك جانبا أفكار الدوام والاستقرار والخيارات المطلقة ويأخذ في الاعتبار عمليات التخطيط الديناميكي خاصة وأن النماذج المناخية تظهر مجموعة واسعة من المواقف المحتملة في المستقبل (انظر الشكل التالي).





Exemple des changements des températures et des précipitations selon les modèles de circulation globale (GCM) pour le bassin hydrologique du Loukkos. (À gauche exemple de de changements de températures et de précipitation à l'horizon 2050, à droite exemple de l'évolution des précipitations selon les différents GCM à l'horizon 2100) (Zemzami, 2019)

خاتمة

ومن أجل إدارة وتخطيط أفضل للمياه، لا بد من تكييف نهج أكثر مرونة، بحيث يأخذ في الاعتبار حيثما أمكن أوجه عدم اليقين المتعلقة بالمناخ المستقبلي واتجاهاته. ويمكن أن تكون هذه الأساليب بمثابة أساس لاتخاذ قرارات استراتيجية مستنيرة ومتماسكة. على الرغم من أن التخطيط في سياق تغير المناخ يُنظر إليه كعملية، إلا أنه يجب أن يستند إلى: (1)إنشاء إطار اجتماعي مؤسسي مرن (2)إنشاء وإدارة المعلومات والمعرفة الأساسية (3)الحفاظ على مجموعة من الخيارات و (4)مراقبة وتقييم نتائج الاستراتيجيات والقرارات المتخذة بشكل دوري.

هناك جانب آخر مهم جدًا في اتخاذ القرار في بيئة غير مؤكدة وهو القدرة على الحصول على المعلومات الصحيحة ليتم إعلامها بشكل صحيح (البيانات المرتبطة بالعمليات الهيدرولوجية والهيدروجيولوجية والمناخية والأساليب العلمية الحديثة وما إلى ذلك). وينطوي ذلك على التثمين المنهجي ومراقبة جودة البيانات الموجودة، والتخزين المنهجي وأرشفة البيانات، وإنشاء وتوطيد روابط وثيقة مع المجتمع العلمي والخبراء، من ناحية، ومع أصحاب المصلحة المتأثرين بشكل مباشر وغير مباشر القرارات من جهة أخرى. لا شيء من هذه الإجراءات والاتصالات واضحة. وكثيراً ما يلزم إنشاء آليات وقنوات محددة للاتصال والتنسيق بين صناع القرار والمجتمع العلمي والمجتمع المدني.

مراجع

.1كارفاليو، .Dرافائيل، .Sمونتيرو، .Aوآخرون. ما مدى نجاح التوقعات المناخية المستقبلية CMIP3و5PIMC و6PIMC في تصوير الاحترار الملحوظ مؤخرًا
Sci Rep 12, 11983 (2022). https://doi.org/10.1038/s41598-022-16264-6؛

2الزيادة الملحوظة في هطول الأمطار تؤكد النظرية والنماذج المبكرة. نات. Fischer، EM & Knutti، R.
تكيف. التغيير ؛(2016) 6، 986-991. https://doi.org/10.1038/nclimate3110

.3ميلي بي سي دي، خوليو بيتانكورت، مالين فالكينمارك، روبرت إم هيرش، زبيغنيو دبليو كوندزويتز، دينيس بي ليتينماير، رونالد جيه ستوفر. .2008الإحصائي
مات: إلى أين إدارة المياه. منتدى السياسات.
علم. الرحلة .AAAS .319ص375-475؛

.4ميهري، جي وآخرون. يزداد تواتر هطول الأمطار الشديد على نطاق واسع مع ندرة الأحداث في ظل ظاهرة الاحتباس الحراري. الخيال العلمي. مندوب.
9، 16063. https://doi.org/10.1038/s41598-019-52277-4 (2019)؛

5.Zemzami M, Elkadiri R, 2015. الديناميكيات الزمنية للجداول الزمنية الشهرية لهطول الأمطار في المنطقة شبه القاحلة، المغرب. مجلة هندسة
المياه التطبيقية والبحوث. معرف الهوية الرقمي:
10.1080/23249676.2015.1105159;

.5زمزمي م. .2019الآثار المحتملة لتغير المناخ على الموارد المائية: حوض لوكوس الهيدرولوجي. تقرير خاص.

الإطار رقم 1: مؤتمر الأطراف السابع والعشرون بين الآمال والواقع

في الفترة من 6 إلى 20 نوفمبر 2022، اجتمع رؤساء الدول والوزراء والمفاوضون، وكذلك نشطاء المناخ ورؤساء البلديات وممثلو المجتمع المدني وقادة الأعمال، في شرم الشيخ في مصر في أكبر تجمع سنوي حول العمل المناخي.

اعتمد المؤتمر السابع والعشرون للأطراف في اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية (COP 27) بشأن تغير المناخ على نتائج الدورة السادسة والعشرين لمؤتمر الأطراف في غلاسكو للعمل على مجموعة من القضايا الحاسمة لمعالجة حالة الطوارئ المناخية. وقد مكن البلدان من اتخاذ مجموعة من القرارات التي أكدت من جديد التزامها بالحد من ارتفاع درجة الحرارة العالمية إلى 1.5 درجة مئوية فوق مستويات ما قبل الصناعة. كما عززت هذه المجموعة من القرارات التدابير التي اتخذتها البلدان للحد من انبعاثات الغازات الدفيئة والتكيف مع العواقب الحتمية لتغير المناخ، مع تعزيز الدعم المالي والتكنولوجي وبناء القدرات التي تحتاجها البلدان النامية.

وشهدت الدورة السابعة والعشرون لمؤتمر الأطراف تقدماً كبيراً في مجال التكيف، حيث اتفقت الحكومات على كيفية تعزيز الهدف العالمي بشأن التكيف، والذي سيتم اختتامه في الدورة الثامنة والعشرين لمؤتمر الأطراف، التي ستعقد في الفترة من 30 نوفمبر إلى 12 ديسمبر 2023 في دولة الإمارات العربية المتحدة وستغذي التقييم العالمي الأول لتحسين قدرة الفئات الأكثر ضعفاً على الصمود. تم تقديم تعهدات جديدة بالتبرعات، يبلغ مجموعها أكثر من 230 مليون دولار أمريكي، إلى "صندوق التكيف" خلال الدورة السابعة والعشرين لمؤتمر الأطراف.

واتفقت الأطراف أيضاً على إنشاء صندوق خاص للخسائر والأضرار وتفعيل شبكة سانتياغو للخسائر والأضرار، من أجل تحفيز المساعدة الفنية للدول النامية المعرضة بشكل خاص للتأثيرات الضارة الناجمة عن تغير المناخ.

الموضوع الثاني: السدود

-السدود الكبيرة في المملكة وتقنيات البناء المستخدمة.

-تأهيل الصرف السفلي لسد مشرى حمادي بالمحافظة

من بركان.

السدود الكبرى للمملكة وتقنياتها البناء المستخدم

سامية الماموني , دنيا البتلوسي , عبد الكريم آيت إحداد

مديرية التطوير الهيدروليكي، الرباط، المغرب

ملخص

تمكن المغرب من مراكمة خبرة كبيرة في مجال بناء السدود اعتمادا على تقنية الخرسانة المدكوكة ، مما سمح له بالحصول على المرتبة الخامسة عالميا بعد الولايات المتحدة الأمريكية واليابان والصين.

BCRهي تقنية مبتكرة سواء فيما يتعلق بالمادة أو بتنفيذها . تتكون المادة من الركام والماء والمواد الرابطة الهيدروليكية التي يتم وضعها مثل الردم باستخدام معدات نقل التربة التقليدية. وبالتالي فإن هذه التقنية مستوحاة من عمليات البناء للهياكل الخرسانية الحاملة للوزن، لتحديد أبعاد الهيكل والمواد، والهياكل الأرضية أو الصخرية لتنفيذ العمل.

وفي عام 1985، اكتشف المغرب تقنية BCR، كتقنية لبناء السدود الكبيرة، خلال "المؤتمر العالمي الخامس عشر للسدود الكبيرة" المنعقد في لوزان (سويسرا).

في عام 1986، بدأت مصلحة المياه في إنشاء برامج بحثية حول BCR بالتشاور مع المعمل العام للدراسات والاختبارات (LPEE) والمدرسة الحسنية للأشغال العمومية.

مقدمة

منذ استقلاله، انخرط المغرب، تحت قيادة المغفور له جلالة الملك الحسن الثاني، في سياسة استباقية تركز أساسا على تعبئة الموارد المائية من خلال بناء السدود، وبالتالي المساهمة في التنمية الاجتماعية والاقتصادية للبلاد. .

بفضل سياسة السدود هذه التي ينتهجها حاليا صاحب الجلالة الملك محمد السادس نصره الله، اكتسبت بلادنا بنية تحتية هيدرولية هامة تتمثل في 152 سدا كبيرا في الخدمة، تبلغ سعتها التخزينية الإجمالية 19.9 مليار متر مكعب و81 أخرى. تحت التشيد.

وقد مكنت هذه البنى التحتية من ضمان إمدادات مياه الشرب للسكان حتى خلال فترات الجفاف (المناطق الحضرية: الوصول إلى مياه الشرب منتشر على نطاق واسع، المناطق الريفية: معدل الوصول حاليا 98.2٪)، وتطوير مرافق كبيرة -الري على نطاق واسع، المساهمة في حماية الأشخاص والممتلكات من الفيضانات، المساهمة في إنتاج الطاقة الكهرومائية كطاقة نظيفة وكذا تطوير خبرة عالية للهيئة الوطنية فيما يتعلق ببناء السدود.

تجدر الإشارة إلى أن بناء السدود كان يعتمد على تقنية الخرسانة أو السدود الكلاسيكية، التي كانت تعتبر مبتكرة في ذلك الوقت. وقد انتقلت هذه التقنية على مر السنين إلى BCR، مما جعل المغرب من رواد هذا المجال على مستوى العالم.

وفي عام 1987، تم إنشاء أول سدين بتقنية BCR: سد عين كوريما بولاية الصخيرات – تمارة وسد رويدات أمونت بولاية الرباط.

توفر تقنية RCC العديد من المزايا مقارنة بالتقنيات الأخرى، وخاصة الخرسانة أو الردم، وأهمها:

- سرعة التنفيذ؛
- انخفاض تكلفة التنفيذ؛
- إدارة أفضل للتداخل مع صعود BCR والمعدات الهيدروميكانيكية؛
- تقليل احتمالية حدوث خسائر بسبب السيول أثناء الأعمال (حفظ في أعمال التحويل)؛
- سهولة فحص حالة BCR.

علاوة على ذلك، تم استخدام أول تجربة للمغرب فيما يتعلق بتقنية RCC مع الطبقات المائلة في سدي طنجة المتوسط (2007) ويعقوب المنصور (2008) وتم تعميمها لاحقًا على جميع السدود المبنية في RCC.

ومن أهم السدود الهيكلية الكبيرة المقامة بالمغرب نذكر:

سد الوحدة بإقليم وزان، تم ملؤه بالمياه سنة 1997، وهو أهم سد في المغرب والثاني في إفريقيا بخزان يبلغ 3800 ملم من سهل الغرب، وحماية من الفيضانات، وإنتاج الطاقة الكهرومائية والري[3] يشرب الماء.

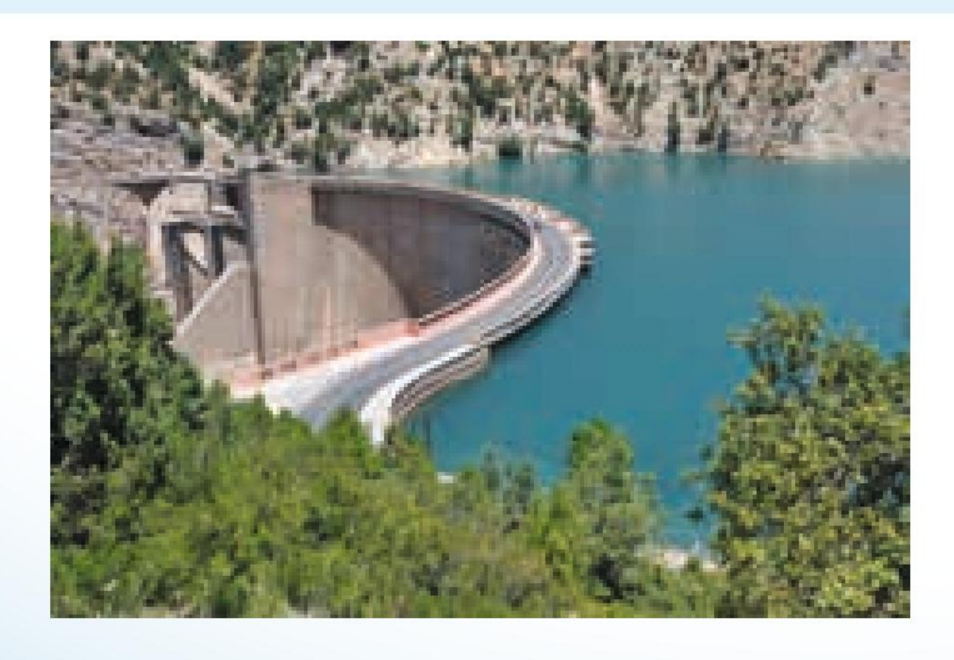


سد المسيرة بولاية سطات، أنشئ سنة 1979، وهو ثاني سد رئيسي في المغرب. وهو مخصص لري محيط دكالة وتزويد مياه الشرب و

المنطقة الصناعية جهة الدار البيضاء-آسفي.



يعتبر سد بن الويدان بإقليم أزيلال، الذي امتلأ بالمياه سنة 1953، أول سد كبير متعدد الأغراض يتم بناؤه بالمغرب.



خاتمة

La technique du BCR avec couches inclinées présente les avantages suivants :

- La réduction du temps d'exposition du BCR permettant une bonne cohésion entre les couches et ce grâce aux reprises chaudes, ainsi qu'un moindre traitement des joints horizontaux ;
- Le coffrage des parements du barrage n'est plus dans le chemin critique ;
- Une meilleure gestion des interférences avec la réalisation des galeries internes du barrage.

Le Maroc dispose actuellement de 29 grands barrages réalisés avec cette technique, 8 grands barrages en cours de réalisation et plusieurs petits barrages. Le plus grand barrage en BCR, en cours de réalisation, est le **barrage FASK** dans la province de Guelmim, avec un volume du BCR d'environ 1 500 000 m3.



سد فاسك

إعادة تأهيل الصرف السفلي للسد
مشرا حمادي بولاية بركان

فتحي بوعجاج، محمد علي المنصوري، سكينة النعيمي
مديرية التطوير الهيدروليكي، الرباط، المغرب

ملخص

يتكون الصرف السفلي لسد مشرى حمادي من هويس مثبت على ساحل NGM129 بأبعاد 2م بمعدل تدفق 100م3/ث.

تمثل معدات الصرف في قاع السد، بسبب حالتها المتداعية، خطر حدوث خلل قد يعيق التشغيل والإدارة الطبيعية لخزان السد. ومن أجل ضمان تشغيل المعدات المذكورة، أوصي بعد التفتيش وزيارات الخبراء بإجراء أعمال إعادة تأهيل واسعة النطاق على صمامات الصرف السفلي.

وقد أتاحت إعادة تأهيل الجزء السفلي من السد إعطاء فرصة ثانية للحياة لهذا الهيكل المهم للري وإنتاج الكهرباء وإمداد المنطقة المعنية بمياه الشرب.

الكلمات المفتاحية : التصريف السفلي، بيرتويس، فان، كوفردام.

عرض وخصائص سد مشرا حمادي

يقع سد مشرة حمادي على واد ملوية، الذي تم تدشينه سنة 1955، بإقليم بركان، على تضييق الوديان في قضبان الحجر الجيري في لياس على بعد 10كلم أسفل مجرى سد محمد الخامس.

يسمح سد مشرة حمادي، المرتبط بسد خزان المنبع، بتحويل المياه المنظمة نحو شبكة الري السفلى ملوية التي تتطور على ضفتي النهر.

ويضمن الخزان، الذي زادت سعته من 42هكتارا مكعبا إلى 9576هكتارا مكعبا بسبب الطمي، كلا من التنظيم اليومي لأقفال المحطة الكهربائية المرتبطة بسد محمد الخامس ويجعل من الممكن رفع منسوب مياه ملوية بحوالي 40مترا، وبالتالي تعزيز تحويل المياه بمستوى مرتفع يكفي للسيطرة على 80٪ من السقي. المناطق .

تجري المياه على كل ضفة نحو مناطق الري عن طريق قناتين تضم مقاطع تحت الأرض يبلغ طولها حوالي 12كيلومترا، مما يضمن عبور معدلات تدفق تبلغ 17 م3/ث على الضفة اليسرى و81 م3/ث على الضفة اليمنى. وتشمل شبكة الري على الضفة اليسرى ثلاثة قطاعات جغرافية: الحمار الوحشي، وبوارق، وقريط.

ويتم إمداد هذه القطاعات الثلاثة بمجموعة من أعمال النقل الرئيسية التي تشمل، على التوالي، أسفل نفق الرأس الميت، قناة الحمار الوحشي، ثم النفق، ثم قناة بوارق. وتنقسم شبكة الري على الضفة اليمنى أيضا إلى ثلاثة قطاعات جغرافية، وهي سهل طريفة بمساحة 32ألف هكتار، وقطاع بوغريبة بمساحة 1200هكتار، وقطاع بركان عالي الخدمة بمساحة 6600هكتار.

وفي الوقت نفسه، تم تركيب مدخلين للمياه العائمة على كل ضفة من السد مما يسمح بتزويد المراكز الحضرية في وجدة والناظور وتاوريرت وبركان والمناطق المحيطة بها بمعدل تدفق قدره 3م3 / ثانية.

خصائص سد مشرة حمادي

هيدرولوجية الموقع	
منطقة مستجمعات المياه احتجاز	5200متر مربع
التصنيف العادي (RN)	167نغم
أعلى مستوى للمياه (PHE)	167.50ن.ج.م
الحجم الأولي في RN	42هم3
الحجم الحالي في RN	9,576هم3
السد الرئيسي	
عطوف	وزن الخرسانة
أقصى ارتفاع	57م
قمة السد	169.50ن.ج.م
طول الذروة	215م
حجم الخرسانة	125,000م3
مجرى الفيضانات	
عطوف	4مجاري سطحية مسورة
تصنيف العتبة	155.50ن.ج.م
الخصم	6,000م3/ث
استنزاف القاع	
عطوف	1مسيل مفرد مع 2صمامات على التوالي، نوع العربة
تصنيف العتبة	129.00ن.ج.م
الخصم	100م3/ث
مآخذ المياه الزراعية (2)	
تصنيف العتبة	159.00ن.ج.م
الخصم	35م3/ث

اتساق أعمال إعادة التأهيل

وكشفت عمليات التفتيش في السد عن مجموعة من العيوب، نذكرها أدناه، وموضحة في الصور التالية:

*تدهور الدروع والخرسانة.

*تمزق وكسر الأجزاء الثابتة من أخدود صمام الضبط على جانب الضفة اليسرى، جانب الضفة اليمنى والقاعدة؛

*تدهور أختام صمام التعديل؛

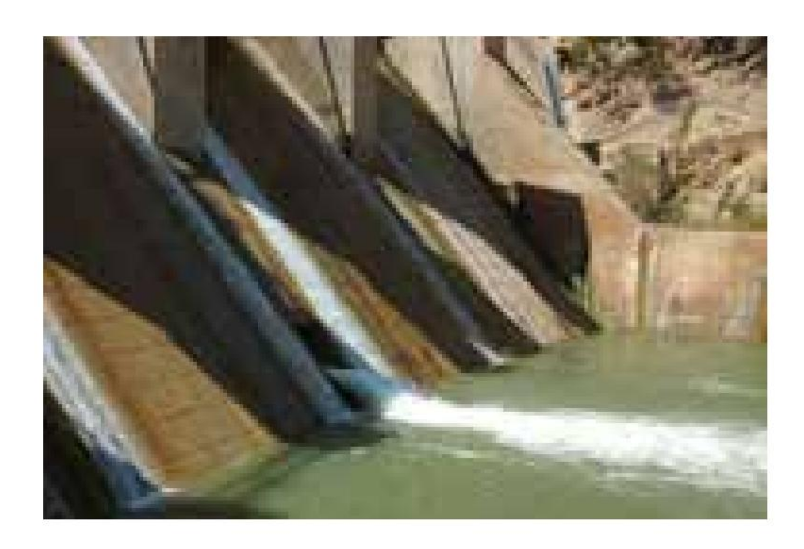
*تسربات مياه كبيرة في الصمام الواقي.

*لوحظ حدوث ضجيج غير طبيعي عند إغلاق صمام الضبط مع وقت الإغلاق يتجاوز الوقت الطبيعي.





الشكل :1تدهور حماية المصرف السفلي

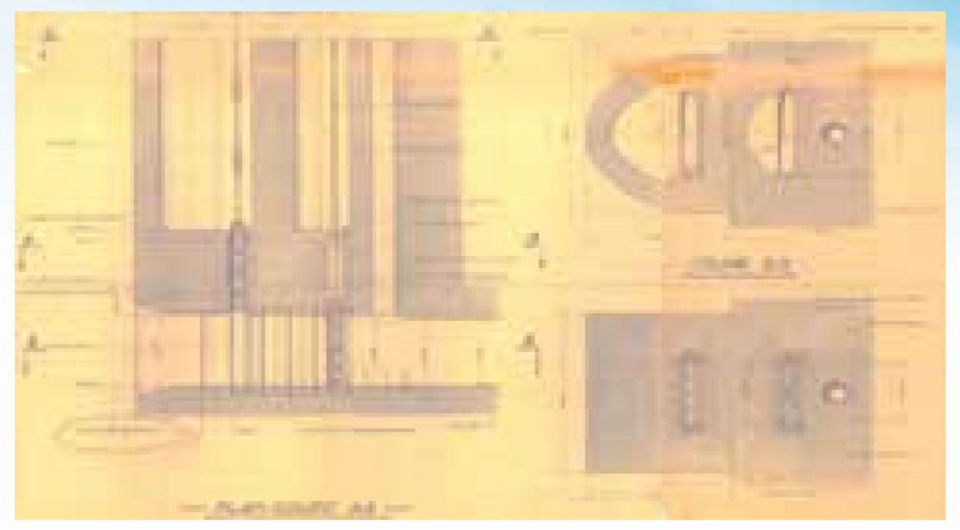


الشكل :2التسربات تجعل الوصول إلى المصرف السفلي غير ممكن

Pour remédier à ces défaillances, les travaux ci-dessous sont agencés :

* Conception, fabrication et mise en place d'un batardeau d'isolement au niveau du pertuis de la vidange de fond ;
* Changement des pièces fixes des rainures des vannes et du blindage entre les deux vannes de la vidange de fond ;
* Entretien des deux vannes de la vidange de fond ;
* Entretien des centrales hydrauliques et des armoires électriques.

Le batardeau à réaliser pour isoler la vidange de fond du barrage a été adapté au plan du pertuis ci-dessous. Ce batardeau a été conçu pour être installé sans abaisser la côte du plan d'eau du barrage en dessous de la côte minimale d'exploitation des prises et en tenant compte des dispositions suivantes :



الشكل :3مقطع نموذجي للصرف السفلي لسد مشرا حمادي

في حالة عدم وجود أخدود لتركيب سد الانضاب، تم الاختيار لإنشاء سد انضابي يغلق قمع الصرف من خلال الاعتماد على الجزء السفلي المنشوري من واجهة المنبع.

لقد أخذ فريق المشروع في الاعتبار بذكاء حقيقة أن وجود تسربات كبيرة على مستوى صمامات الصرف قد أدى إلى إنشاء مخروط حر عند المنبع مما يسمح بتركيب سد الانضاب.

كما أن توفر وسائل المناولة والتوجيه يدعم هذا الاختيار. مع وجود قسم 4.0م 4.7 ×م بين الأختام، كان هناك هامش كافٍ للتعويض عن عدم اليقين في الأبعاد المشار إليها في الخطط المتاحة بالإضافة إلى المشكلات التوجيهية.

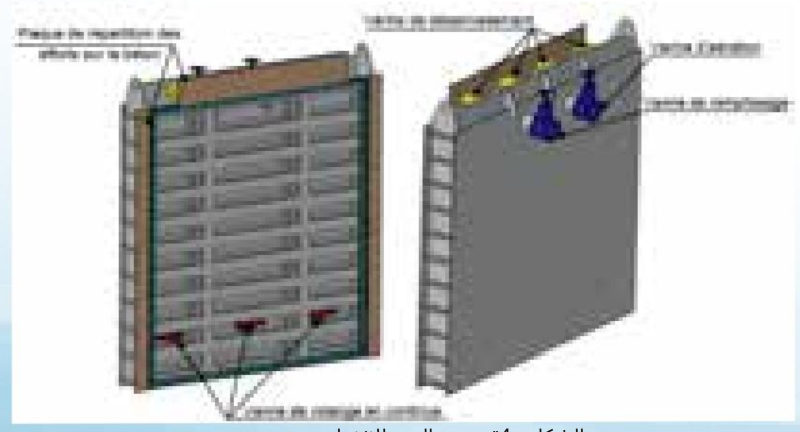
اختار فريق المشروع استخدام أربع أسطوانات بسعة 200طن، كل منها بقطر 150ملم. تم تثبيت الرافعات في السد الانضابي بواسطة لوح فولاذي مقوى بسمك 30مم. تم التحقق من الاجهادات والتشوهات للهيكل من خلال عناصر محدودة وفقا لحالات الحمل المختلفة التي يمكن أن يتعرض لها سد الانضاب أثناء تشغيله.

تم توصيل الأسطوانات بوحدة هيدروليكية تعمل بقوة 700بار لتطوير قوة أكبر بشكل متزامن من الدفع الهيدروستاتيكي الذي يمارسه المثبات على سد الانضاب.

يتم نقل الدفع الهيدروستاتيكي على سد الانضاب إلى الخرسانة عبر لوح جانبي مقوى بعرض 200مم، وتم توزيع قوة الفصل التي تمارسها أسطوانات الطمي على الخرسانة الأولية عبر لوح بأبعاد 425مم 2825 ×مم. تم تصميم الألواح لنقل أقل من 60بارًا إلى الخرسانة.

تم تركيب ثلاثة صمامات بوابة DN 100 PN 10على سد الانضاب وتم توصيلها بأنبوب تجميع، وظلت مفتوحة طوال مدة العمل. كان دورهم هو إخلاء الإمدادات الصلبة بشكل مستمر بسبب الانهيارات الأرضية من مخروط الطين عند منبع سد الانضاب باتجاه حوض التبديد في اتجاه مجرى النهر.

تم تركيب صمامين بوابة DN 200 PN 10على الجزء العلوي من سد الانضاب. صمام لموازنة الضغوط بين المنبع وصمام حاجز الحماية، والصمام الثاني متصل بخرطوم مرن يصل إلى قمة السد لإخلاء الهواء أثناء التعبئة.



الشكل :4تصميم السد الانضابي.





الشكل :5اختبارات السد في الورشة وتركيب السد

سمح نجاح عملية سد الانضاب بالوصول إلى المصرف السفلي. أجرى فريق المشروع فحصًا تفصيليًا لحالة تدهور الصمامات والدروع. المعاملات التالية تم عملها:

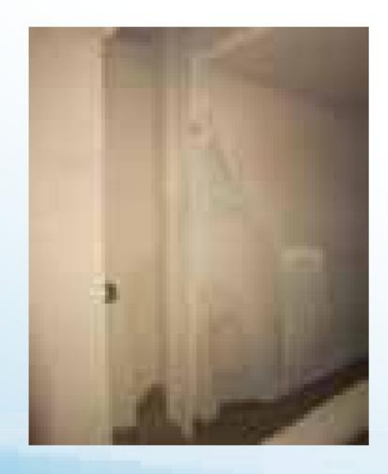
*بكرات صمامات العربة عالقة تمامًا بسبب الطين والحطام؛
*تدهور هيكل صمام التحكم بشكل كبير؛





الشكل :6تدهور صمام عربة الضبط

*غطاء خرساني متدهور بشدة على مستوى صمام التعديل؛
*تدهور كبير في الدروع؛ *دعامة خرسانية للأسطوانة لصمام التعديل المتدهور.





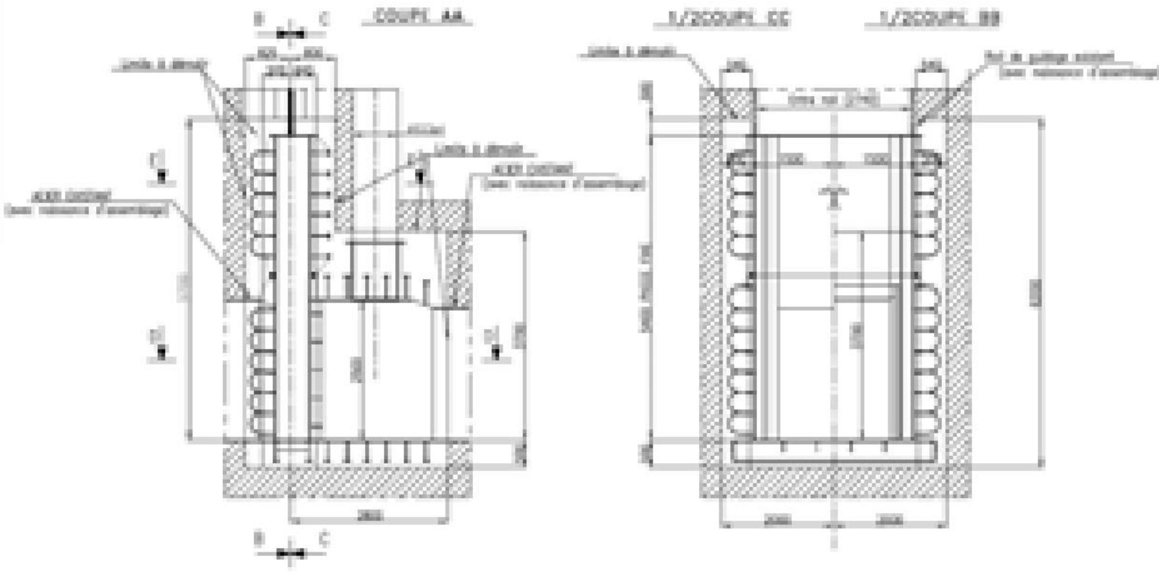


الشكل :7تدهور حماية صمام عربة الضبط

لتقليل مدة سد الانضاب، تقرر إجراء صيانة التدريع وساحة صمام عربة الحراسة كخطوة أولى. وفي نهاية هذه العملية، وعلى غرار الصيانة الروتينية، تم عزل منفذ الصرف السفلي بالصمام الحارس لتنفيذ أعمال الهدم.

اختار الفريق هدم الدرع باستخدام موقد اللحام وهدم الخرسانة بالوسائل الميكانيكية. هذه الطريقة، على الرغم من كونها شاقة، إلا أنها تجعل من الممكن تقليل تأثير الهدم على الهيكل. تم وضع خطة هدم لقصر العمل على المنطقة المتضررة مع توفير حجوزات كافية لتجميع الدرع الهجين وتغليف الدرع بالخرسانة الجديدة.

تم غلق شبكة من المراسي بالملاط الأسمنتي في الخرسانة القديمة لضمان الاستمرارية بين الخرسانتين.



الشكل :8خطة الهدم

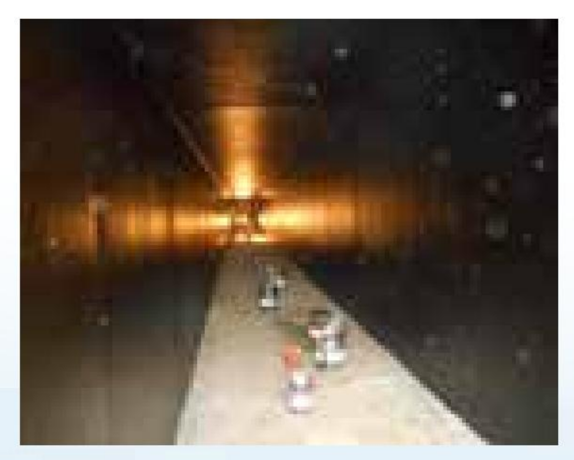
مع الأخذ بعين الاعتبار صعوبات الوصول، ومحدودية المناطق التي سيتم هدمها وغياب حجوزات المرور، تم اتخاذ القرار بإنشاء درع هجين ليحل محل الدرع التالف:

*أعلى صمام التنظيم، غلاف ملتصق مزود بمقويات ومثبتات مصنوعة من ألواح يتم توجيهها من قمة السد عبر بئر التصريف؛

que les efforts hydrodynamiques causés par l'ouverture d'une vanne à wagon en position
vanne auto résistant dimensionné pour reprendre les efforts dus à la charge du barrage ainsi
وسيط؛* A l'aval de la vanne de réglage, un carter d'appui de la

*تم إنتاج درع مقاوم ذاتيًا في منطقة التدفق المسؤولة عن معرض الصرف
في الألواح وتوجيهها من قمة السد عبر بئر السد.





الشكل :9استبدال الدرع التالف للصرف السفلي

تعرض صمام تعديل الصرف السفلي لأضرار بالغة بسبب نقل صمام السيارة إلى الوضع المتوسط لضبط معدل تدفق الصرف السفلي.

تم استبدال شفرة الصمام بالكامل بهيكل صلب ملحوم ميكانيكيًا يتصل بشكل مثالي بالجزء العلوي من الصمام. امتدت الصيانة أيضًا إلى استبدال البكرات والمحاور والمحامل والأختام ودعائمها. بالإضافة إلى ذلك، تم إجراء تعديل على عتبة الصمام لمنع التسرب من الجوانب.

وأخيرًا، تم تطبيق مركب طلاء على الصمام لتحسين مقاومته للتآكل.



الشكل :10صيانة صمام عربة الضبط

كما تم تنفيذ أعمال الصيانة والإصلاح على مشغلات الصمامات وأرضيات السدادات والقواطع ومحطات الطاقة الهيدروليكية والخزائن الكهربائية. تم إجراء اختبار حمل المعدات للتأكد من حسن سير عمل المعدات.

خاتمة

في تنسيق مثالي، تم تكييف أعمال إعادة التأهيل مع النتائج التي تم التوصل إليها بعد العملية الناجحة لتركيب السد. وهذا جعل من الممكن قصر التدخلات على العمل المفيد والضروري مع الحفاظ على الهيكل، خاصة أثناء الهدم.

غالبًا ما جعلت عيوب التصميم في الهيكل عمليات الصيانة صعبة. ولم يكن من الممكن تجفيف السد بالكامل لإجراء عملية إعادة التأهيل. إن غياب الأخاديد اللازمة لتركيب السد الانضابي، وتراكم الطمي في الهيكل، وصمامات العربات ذات البراميل الموجودة أسفل الغلاف، والتحكم في التدفق عن طريق صمام العربة، وصعوبات الوصول إلى المنبع وفي المصب، كلها عوامل جعلت من مجمع إعادة التأهيل.

من المستحسن أن يأخذ أصحاب المصلحة المختلفون هذه العوامل في الاعتبار عند تصميم الهياكل والمعدات الهيدروميكانيكية والكهروميكانيكية.

في نهاية العمر التصميمي المقدر، لا يمكن تفكيك الهياكل. غالبًا ما يكون من الضروري إجراء عمليات إعادة تأهيل معقدة لإطالة عمرها.

الإطار رقم :2مستقبل مزدهر من خلال أهداف التنمية المستدامة

تمنحنا أهداف التنمية المستدامة الطريق للمضي قدمًا لتحقيق مستقبل أفضل وأكثر استدامة للجميع. وهي تستجيب للتحديات العالمية التي نواجهها، بما في ذلك تلك المتعلقة بالفقر وعدم المساواة والمناخ والتدهور البيئي والرخاء والسلام والعدالة. إن الأهداف، أو الأهداف السبعة عشر، مترابطة، ومن أجل عدم ترك أحد يتخلف عن الركب، من المهم تحقيق كل هدف منها، وكل هدف منها، بحلول عام .2030الهدف :1القضاء على الفقر بجميع أشكاله في كل مكان؛ الهدف :2القضاء على الجوع وضمان الأمن الغذائي وتحسين التغذية وتعزيز الزراعة المستدامة؛ الهدف :3تمكين الجميع من العيش في صحة جيدة وتعزيز الرفاهية للجميع في جميع الأعمار؛ الهدف :4ضمان حصول الجميع على التعليم الجيد على قدم المساواة وتعزيزه

فرص التعلم مدى الحياة؛

الهدف :5تحقيق المساواة بين الجنسين وتمكين جميع النساء والفتيات؛

الهدف :6ضمان حصول الجميع على المياه والصرف الصحي وضمان الإدارة المستدامة لها

موارد المياه؛

الهدف :7ضمان حصول الجميع على خدمات الطاقة الموثوقة والمستدامة والحديثة،

تكلفة معقولة

الهدف :8تعزيز النمو الاقتصادي المطرد والمشترك والمستدام، الكامل

العمالة المنتجة والعمل اللائق للجميع؛

الهدف :9بناء بنية تحتية قادرة على الصمود، وتعزيز التصنيع المستدام الذي يعود بالنفع

الجميع وتشجيع الابتكار؛

الهدف :10الحد من عدم المساواة داخل البلدان وفيما بينها؛

الهدف :11ضمان أن تكون المدن والمستوطنات البشرية مفتوحة للجميع وآمنة ومستقرة

مرنة ودائمة.

الهدف :12إنشاء أنماط استهلاك وإنتاج مستدامة؛

الهدف :13اتخاذ تدابير عاجلة لمكافحة تغير المناخ وآثاره؛

الهدف :14حفظ المحيطات والبحار والموارد البحرية واستخدامها على نحو مستدام لتحقيق التنمية المستدامة؛

الهدف :15الحفاظ على النظم الإيكولوجية الأرضية واستعادتها، وضمان استغلالها على نحو مستدام، وإدارة الغابات على نحو مستدام، ومكافحة التصحر، ووقف وعكس اتجاه عملية تدهور الأراضي، ووضع حد لفقدان التنوع البيولوجي؛

الهدف :16تعزيز قيام مجتمعات مسالمة ومنفتحة من أجل التنمية

المستدامة، وضمان وصول الجميع إلى العدالة وإنشاء مؤسسات فعالة وخاضعة للمساءلة ومنفتحة على جميع المستويات؛

الهدف :17تعزيز وسائل تنفيذ الشراكة العالمية من أجل التنمية

المستدامة وتنشيطها.

المصدر: الأمم المتحدة (2015)

الموضوع الثالث: العقود وإعادة شحن مفارش المائدة

-النمذجة الرقمية للمياه الجوفية أداة فعالة لإدارة
طبقة المياه الجوفية العميقة في خليج الداخلة (جنوب المغرب)؛

-نمذجة طبقة المياه الجوفية مسكي-بودنيب لعقد الإدارة التشاركية
من المحيط

-جهاز التغذية الاصطناعية لطبقات المياه الجوفية فركلا-تافيلالت.

أداة النمذجة الرقمية للمياه الجوفية فعال لإدارة طبقات المياه الجوفية العميقة في خليج الداخلة (جنوب المغرب)

سيدي مختار القنطي، أيوب أفقير

وكالة الحوض المائي الساقية الحمراء -وادي الذهب، العيون، المغرب

ملخص

تُستخدم المياه الجوفية الأحفورية لتوفير مياه الشرب والري في بعض المناطق القاحلة حيث تكون تغذية المياه الجوفية عن طريق هطول الأمطار منخفضة. تعتبر النمذجة العددية مفيدة جدًا في تقييم موارد المياه الجوفية وتحليل سيناريوهات استغلالها في المستقبل. من أجل تحديد موارد المياه الجوفية في منطقة الداخلة في جنوب الصحراء المغربية، تقوم هذه الدراسة بتقييم إدارة موارد المياه الجوفية في طبقة المياه الجوفية باليوجين. وقد زادت عمليات سحب المياه الجوفية في هذه المنطقة، مما أدى إلى اختلال التوازن الطبيعي لطبقة المياه الجوفية واستمرار استنزاف هذا الاحتياطي المائي الهام على نطاق واسع. ولوحظت آثار سلبية، مثل انخفاض منسوب المياه.

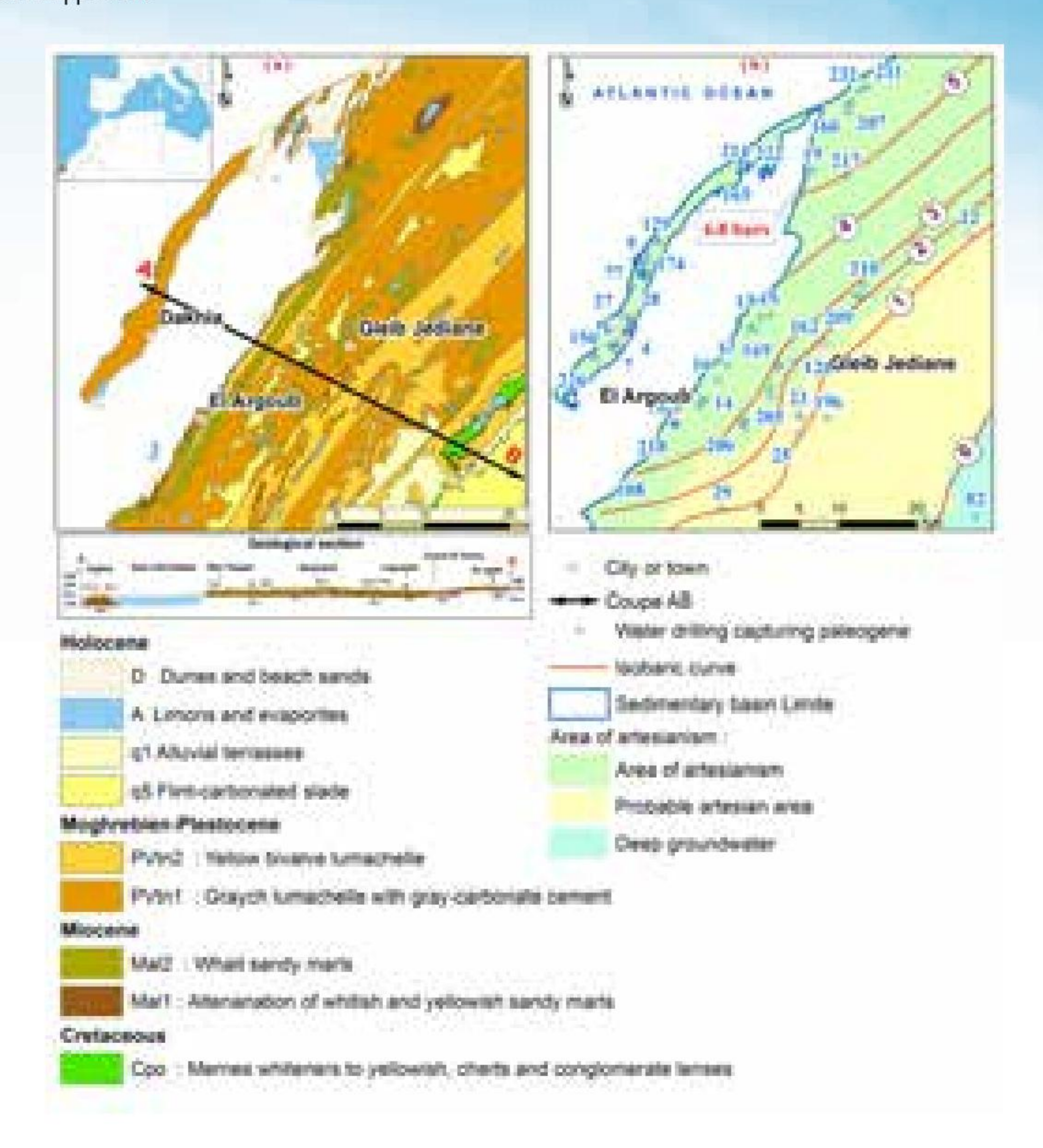
ولمواجهة الحالة غير المواتية للموارد المائية بالداخلة في السنوات المقبلة، تم تطوير عقد المياه الجوفية للحفاظ على موارد المياه الجوفية وعدم المساس بالتنمية الاجتماعية والاقتصادية للمنطقة، ولا سيما التنمية الزراعية، استنادا إلى نتائج النمذجة الرقمية طبقة المياه الجوفية المعنية. ويتضمن هذا العقد التدابير الفنية والتنظيمية والمالية. وقد تمت مناقشتها خلال ورش العمل مع جميع الأطراف المعنية من أجل تحديد بدائل للإدارة الجيدة في منطقة الداخلة جنوب المغرب.

الكلمات المفتاحية: إدارة المياه الجوفية، النمذجة العددية، طبقة المياه الجوفية باليوجين، عقد طبقة المياه الجوفية، الداخلة.

مقدمة

حوالي ثلث مساحة اليابسة على الكوكب قاحلة أو شبه قاحلة. وتواجه هذه المناطق تحديات كبيرة في إدارة موارد المياه العذبة المحدودة تحت ضغط السكان وتغير المناخ العالمي. قد تكون المياه الجوفية هي المصدر الوحيد لإمدادات المياه في هذه المناطق، وبالتالي تتطلب قياس توازن المياه لإدارة مواردها المحدودة. تقدم هذه الدراسة نموذج تدفق المياه الجوفية لتقييم معدل الضخ الأمثل في ظل الزيادة المتوقعة في متطلبات مياه الري.

تم اختيار منطقة الداخلة، جنوب الصحراء المغربية، في هذه الدراسة لقياس موارد المياه الجوفية بسبب الحاجة المتزايدة لاستخدام موارد المياه الجوفية غير المتجددة.



تين. شكل 1:(أ) خريطة موقع منطقة الداخلة، (ب) خريطة مناطق التوزيع المنحنيات الارتوازية والإيزوبارية لخليج الداخلة (2011)

وتستخدم المياه الجوفية بشكل رئيسي في الري والاستخدامات المنزلية والصناعات الصغيرة. وفي ظل الظروف المناخية الحالية، فإن معدل تغذية المياه الجوفية منخفض للغاية، لذلك سيتم استنفاد موارد المياه الجوفية في المستقبل القريب إذا استمر استخراجها بالاتجاهات الحالية. ونظراً للزيادة السكانية واتساع المساحة المروية، فإن إدارة المياه الجوفية تخضع لقيود بيئية. يتم تحديد مدى توفر موارد المياه الجوفية في منطقة الداخلة باستخدام نموذج محاكاة من أجل تلبية الطلب الحالي والمستقبلي على المياه، وكذلك لفهم السلوك الطبيعي لنظام طبقة المياه الجوفية باليوجين في جنوب المغرب (الشكل 1).تقع منطقة الداخلة في الصحراء الكبرى جنوب المغرب، وتتميز بمناخ جاف؛ مؤشر الجفاف هو 0.9 (مؤشر دي مارتون 1926).

يصف هذا العمل تاريخ ضخ المياه الجوفية من طبقة المياه الجوفية باليوجين، والسياق الهيدروجيولوجي، والآثار السلبية الناتجة على مستويات المياه الجوفية والمراحل المختلفة لتطوير نموذج محاكاة ثلاثي الأبعاد (3D)لنظام طبقة المياه الجوفية التفاعلية متبوعًا بالتنبؤ. خطوة لتقييم تأثيرات الضخ طويل المدى على المياه الجوفية في منطقة الدراسة. ونظرا للنمو الاجتماعي والاقتصادي في العقد الماضي وتركيز الحفر في خليج الداخلة، تزايدت المشاكل البيئية الخطيرة، مع انخفاض مستمر في المستوى البيزومتري.

المنهجية

وتتضمن المنهجية تطبيق النمذجة العددية للمياه الجوفية في الحالات المستقرة والعابرة تحت قياسات وسيناريوهات سحب مختلفة. تم تطبيق نموذج المحاكاة العددية المطور لتقييم استجابات مستوى المياه لطبقة المياه الجوفية باليوجين في ظل سيناريوهات ضخ مختلفة على مدى السنوات العشر القادمة. يتم تقييم سيناريوهات إدارة المياه الجوفية لإيجاد حل الإدارة الأمثل لتلبية الاحتياجات المستقبلية.

الهدف من هذه الدراسة هو إيجاد حل إداري مثالي لتلبية الاحتياجات المائية المستقبلية. وسيتم تحقيق هذا الهدف من خلال النمذجة الرقمية لتدفق المياه الجوفية. توثق نتائج النموذج طريقة لقياس الأداء المستدام لنظام تدفق المياه الجوفية. وتم استخدام المعايرة العابرة لمحاكاة السيناريوهات المحتملة لاستخدام المياه في المستقبل، وذلك لتوجيه التدابير الفنية والتنظيمية والمالية التي تشكل عقد المياه الجوفية في الداخلة.

تجدر الإشارة إلى أنه لا توجد توقعات صحيحة لهطول الأمطار حتى عام 2025 يمكن تضمينها في السيناريوهات.

السياق الهيدروجيولوجي

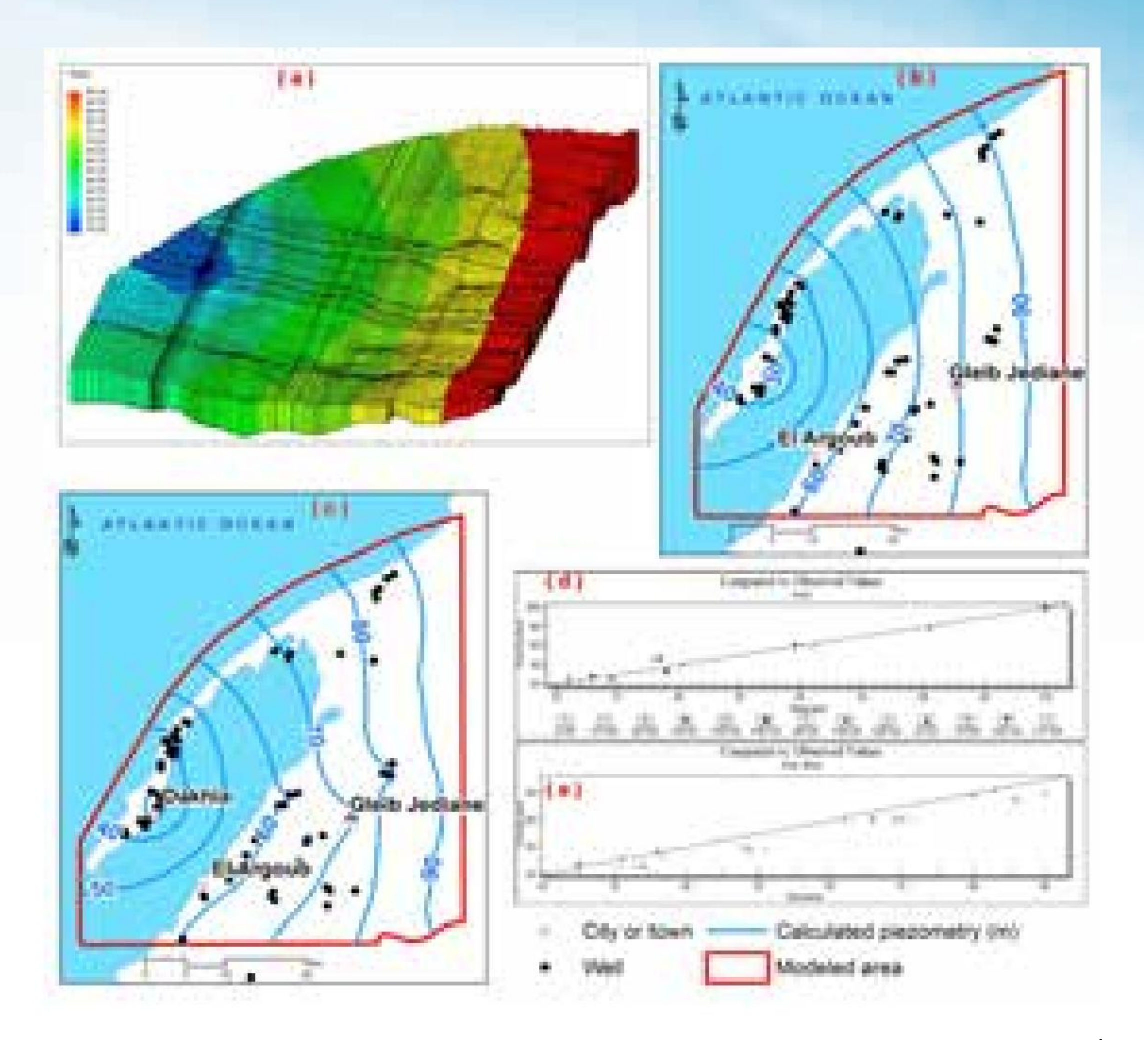
طبقة المياه الجوفية باليوجين هي جزء من الحوض الرسوبي العيون-الداخلة بالصحراء الأروكانية ويصل سمكها إلى أكثر من 250 متر. ويمثلها تشكيل بورتوريكو (Rjimatiet al. 2002).
تقع منطقة الداخلة في المنطقة شديدة الجفاف بالصحراء. تتدفق موارد المياه الجوفية في منطقة الدراسة إلى طبقة مياه جوفية معقدة تتكون من (من الأسفل إلى الأعلى): تكوين طباشيري سفلي يحتوي على طبقة مياه جوفية عميقة تتدفق إلى رواسب الرمال البيضاء والطين الرملي الأحمر، تكوين باليوجيني يحتوي على طبقة مياه جوفية عميقة تتدفق إلى الحجارة الرملية والرمال وتكوين البليوسين الرباعي الذي يحتوي على طبقة مياه جوفية محصورة.

والمياه الجوفية العميقة في منطقة الدراسة هي مياه أحفورية وغير متجددة، وهو ما أكده المركز الوطني للطاقة والعلوم والتقنيات النووية (CNESTEN). وقد تم حفر أكثر من 60 بئر إنتاج في المنطقة وتتراوح نسبة الملوحة بين 1.8 و8.2 جرام/لتر (وكالة الحوض المائي). تم تحديد منطقة خليج الداخلة المستغلة والمستكشفة بطريقة الجيوفيزياء الكهربائية (VES) كشرط أساسي لتمثيل الإطار الهندسي لنمذجة تدفق المياه الجوفية.

يتم العثور على صخر الأساس الذي يتميز بالمارل على أعماق مختلفة تتراوح من 40+م إلى 720 -م مقارنة بمتوسط مستوى سطح البحر، والسمك المشبع لطبقة المياه الجوفية متغير للغاية، حيث يتراوح من 10م إلى 250م.
يتم تمثيل الحد الأدنى لنظام طبقة المياه الجوفية بواسطة رمل رملي شبه نفاذ. ويظهر السطح والأساس لطبقة المياه الجوفية باليوجين انخفاضا عاما من الشرق إلى الغرب ومن الشمال إلى الجنوب إلى الشمال، باستثناء منطقة أقل قليلا في جليبجيديان في وسط منطقة الدراسة. أما الحد الشرقي فيمثله انقطاع D1 يمثل نتوء سطح طبقة المياه الجوفية. الحدود الغربية لطبقة المياه الجوفية غير واضحة، حيث يستمر التكوين تحت سطح البحر (الشكل (أ)). 2

ولذلك، قد يحتوي خليج الداخلة على احتياطي كبير من المياه الجوفية. جميع الآبار في منطقة الدراسة ارتوازية (الشكل 1(ب))؛ على سبيل المثال، يمكن أن يصل الضغط عند رأس البئر رقم 19 إلى 6.8 بار (الشكل 1(ب)). ونظرًا لقلة الاستغلال قبل عام 2005، يعتبر محيط منسوب المياه الثابت يمثل الظروف المستقرة لطبقة المياه الجوفية. يتغذى نظام الخزان الجوفي من الجزء الشرقي من منطقة الدراسة، ويصب بشكل طبيعي نحو الغرب

تم إجراء قياسات منسوب المياه من عام 1984 إلى عام 2015 في العديد من آبار المراقبة.



تين. 2(أ) نموذج محاكاة ثلاثي الأبعاد (ثلاثي الأبعاد) لطبقة المياه الجوفية باليوجين، (ب) خريطة بيزومترية في حالة مستقرة قبل المعايرة ،2005(ج) خريطة بيزومترية في حالة عابرة بعد المعايرة في عام ،2015و (د، هـ) حساب قياس الضغط البيزومتري مقابل قياس الضغط الملحوظ يتوافق على التوالي مع نموذج تدفق الحالة المستقرة لعام 2005ونموذج التدفق العابر لعام 2015.

تشير القياسات المأخوذة في معظم الآبار إلى انخفاض في المستوى البيزومتري بمرور الوقت؛ ومن الواضح أن الضخ المكثف لطبقة المياه الجوفية قد تسبب في انخفاض كبير في المياه. وكان معدل التحصيل منخفضاً نسبياً حتى عام 2005؛ ومنذ ذلك الحين تزايدت بشكل كبير، وهو ما يبدو أنه يتوافق مع الزيادة التدريجية في عدد السكان وانتشار المشاريع الزراعية.

ويبلغ متوسط الزيادة في عمق المياه، مقاسا من الأرض، حوالي 15مترا على مدى السنوات العشر الماضية، مما يدل على أن منسوب المياه انخفض بمقدار 1.5متر سنويا. ومن الواضح أن الانخفاض الملحوظ السابق في منسوب المياه يرجع إلى استكمال أكثر من 60بئر إنتاج في منطقة الدراسة.

النتائج والمناقشات

ظروف التشغيل المستقرة في عام 2005

تم تقدير التدفق الداخلي والخارجي عند الحد المحسوب في عام 2005بـ 1.9×10^{4} $m^{3}d^{-1}$. إن الميزان المائي للنموذج العددي يقع ضمن النطاق المسموح به من الميزان الإجمالي المقدر سابقاً. بعد معايرة الظروف الحدودية، تم تعديل تباين مستوى الماء عن طريق تغيير توزيع التوصيل الهيدروليكي. تم تقسيم الموصلية الهيدروليكية إلى خمس مناطق وتراوحت بين 1.6×10^{-5} و 1×10^{-1} مللي ثانية وهو ما يتوافق مع القيم المحسوبة من اختبارات الضخ على الآبار في منطقة الدراسة والمسوحات الكهربائية والسحنات الجيولوجية الموجودة.

بالنسبة للتوصيل العكسي وبعد عدة عمليات محاكاة، يتم توزيع القيم على خمس مناطق حسب الجيولوجيا وسمك الطبقة المائية وتتراوح القيم بين 10×3.7 و 10×5.7 مللي ثانية ويتراوح قياس الضغط الكلي بين 30 و 90م، في حين أن خطأ RMS هو 5م. ومن الواضح أن إجمالي قياس ضغط المياه الجوفية في منطقة الدراسة يرتبط بشكل جيد مع قياس ضغط المياه الأولي في عام 2005 (الشكل 2(ب)).

الشروط الانتقالية

واستنادًا إلى معلمات طبقة المياه الجوفية التي تم الحصول عليها خلال معايرة الحالة المستقرة، تم إخضاع النموذج لمعايرة عابرة لمدة 10 سنوات بين عامي 2005 و5102؛ يعد متوسط سجلات الرأس الهيدروليكي في الأعوام 2005 و1102 و5102 معلومات قيمة تستخدم لمعايرة النموذج، بالإضافة إلى معلومات غير منتظمة مع مرور الوقت من بعض آبار المراقبة. خلال كل فترة قيود (سنة)، ظلت جميع القيود الخارجية وشروط الحدود ثابتة. تمت محاكاة التنفيذ العابر من النموذج الذي تمت معايرته إلى

التدفق الدائم التعديل الوحيد هو الذي طرأ على التدفقات عبر الحدود الشرقية، وبالتالي فإن التدفق المفروض سيكون 8500 متر مكعب كقيمة معايرة. يتم عرض المستويات البيزومترية التي تمت محاكاتها في عام 2015 في (الشكل (ج)) 2 للنظام
عابرة معايرة، تم تعديل قيمة التخزين المحددة المتجانسة البالغة 1.10^{-5} م بواسطة القيم $Ss1 = 5.10^{-6}$ م؛ $Ss2 = 6.10^{-5}$ و $Ss3 = 8.10^{-5}$ م؛ القيم المتوسطة لمناطق مختلفة.

كما هو الحال مع معايرة الحالة المستقرة، من الضروري إجراء اختبارات حساسية الوضع العابر. في هذه الحالة، تم إجراء التحليل فيما يتعلق بمعامل التخزين وإعادة التغذية عن طريق الصرف العكسي. تظهر النتائج التي تم الحصول عليها من خلال اختبارات الحساسية هذه أن النموذج لا يزال حساسًا لإعادة الشحن. تم التحقق من النموذج مع المرور الأخير لمرحلة المعايرة العابرة في نهاية عام 2015؛ سحابة من النقاط تقارن بين المحاكاة والمرصودة.

التنبؤات النموذجية وإمكانات طبقة المياه الجوفية

ومن المؤسف أن الأنشطة البشرية، مثل استغلال المياه الجوفية لأغراض الري، أدت إلى انخفاض مفرط في مستويات المياه الجوفية وزيادة التحميل على طبقات المياه الجوفية. يمكن استخدام نموذج محاكاة تم معايرته والتحقق منه بنجاح لصياغة خطط مختلفة لتنمية المياه. ويمكن مقارنة المخططات من حيث جدواها للاستخدام الفعال لموارد المياه الجوفية المتاحة. وينبغي لخطط التنمية المختارة، عند تنفيذها، أن تلبي الطلب المستقبلي على المياه بأقل تكلفة تتفق مع الاعتبارات القانونية والتنظيمية والسياسية والبيئية. تم أخذ ثلاثة سيناريوهات للتنبؤ بعواقب التطور المستقبلي في منطقة الدراسة.

.وتم اعتماد فترة تخطيط مدتها 10 سنوات
(2015-2025) للسيناريوهات الثلاثة، المرتبطة بمشروع عقد المياه الجوفية، والذي يهدف إلى ترشيد استغلال هذه الطبقة الجوفية، في إطار تشاوري يشمل كافة الأطراف المعنية. وشروط البداية لكل سيناريو هي تلك التي تم الحصول عليها من خلال المحاكاة العابرة في نهاية عام 2015. وهذه السيناريوهات الثلاثة هي كما يلي:

السيناريو الأول: يفترض السيناريو الأول استمرار سحب المياه الجوفية الذي لوحظ في عام 2015 دون تعديل. سيكون التدمير في طبقة المياه الجوفية باليوجين 13.8 ملم^3 في عام 2025 (الشكل 3(أ)).

السيناريو الثاني: صيانة المسحوبات الزراعية الحالية ومحاكاة الاحتياجات المستقبلية لمياه الشرب، مع تشغيل محطة معالجة مياه الصرف الصحي (STEP)، وسيبلغ تدمير طبقة المياه الجوفية في باليوجين 14.7 ملم^3 في عام 2025 (الشكل (ب)). 3

السيناريو الثالث زيادة المسحوبات الزراعية للري بمقدار 150 هكتار سنويا حتى عام 2022
ومحاكاة احتياجات مياه الشرب المستقبلية، سيكون تدمير مخزون Paleogene DGO 20.7 ملم^3 في عام 2025 (الشكل (ج)).3